C 5-34

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO

ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO

Manual de Campanha

# VADE-MÉCUM DE ENGENHARIA

3ª Edição
1996

C 5-34

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO

ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO

## Manual de Campanha

# VADE-MÉCUM DE ENGENHARIA

3ª Edição
1996

| CARGA |
| --- |
| EM ..... |

Preço: R$

## PORTARIA Nº 060-EME de 05 de Julho de 1996

Aprova o Manual de Campanha C 5-34 - Vade-Mécum de Engenharia, 3ª Edição, 1996.

**O CHEFE DO ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO**, no uso da atribuição que lhe confere o artigo 91 das IG 10-42 - INSTRUÇÕES GERAIS PARA CORRESPONDÊNCIA, PUBLICAÇÕES E ATOS NORMATIVOS NO MINISTÉRIO DO EXÉRCITO, aprovadas pela Portaria Ministerial Nº 433, de 24 de agosto de 1994, resolve:

Art. 1º - Aprovar o Manual de Campanha **C 5-34 - VADE-MÉCUM DE ENGENHARIA**, 3ª Edição, 1996.

Art. 2º - Revogar o Manual de Campanha C 5-34 - VADE-MÉCUM DE ENGENHARIA, 2ª Edição, aprovado pela Portaria Nº 020-EME, de 10 de março de 1980.

Art. 3º - Determinar que esta portaria entre em vigor na data de sua publicação.

Gen Ex DELIO DE ASSIS MONTEIRO
Chefe do Estado-Maior do Exército

## NOTA

Solicita-se aos usuários deste manual de campanha a apresentação de sugestões que tenham por objetivo aperfeiçoá-lo ou que se destinem à supressão de eventuais incorreções.

As observações apresentadas, mencionando a página, o parágrafo e a linha do texto a que se referem, devem conter comentários apropriados para seu entendimento ou sua justificação.

A correspondência deve ser enviada diretamente ao EME, de acordo com o artigo 78 das IG 10-42 - INSTRUÇÕES GERAIS PARA CORRESPONDÊNCIA, PUBLICAÇÕES E ATOS NORMATIVOS NO MINISTÉRIO DO EXÉRCITO, utilizando-se a carta-resposta constante do final desta publicação.

## ÍNDICE DE ASSUNTOS


| | | Prf | Pag |
|---|---|---|---|
| **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO** | ..... | 1-1 e 1-2 | 1-1 |
| **CAPÍTULO 2 - EXPLOSIVOS E DESTRUIÇÕES** | | | |
| **ARTIGO I** - Segurança | ..... | 2-1 | 2-1 |
| **ARTIGO II** - Explosivos | ..... | 2-2 a 2-11 | 2-2 |
| **ARTIGO III** - Trabalhos de Construção | ..... | 2-12 a 2-17 | 2-18 |
| **ARTIGO IV** - Destruição de munição | ..... | 2-18 | 2-31 |
| **CAPÍTULO 3 - MINAS E ARMADILHAS** | | | |
| **ARTIGO I** - Introdução | ..... | 3-1 e 3-2 | 3-1 |
| **ARTIGO II** - Lançamento de minas | ..... | 3-3 a 3-10 | 3-2 |
| **ARTIGO III** - Relatórios e registros | ..... | 3-11 e 3-12 | 3-13 |
| **ARTIGO IV** - Emprego dos campos de minas | ..... | 3-13 | 3-20 |
| **ARTIGO V** - Abertura de passagens e limpeza de minas. | | 3-14 a 3-26 | 3-22 |
| **CAPÍTULO 4 - ORGANIZAÇÃO DO TERRENO** | | | |
| **ARTIGO I** - Introdução | ..... | 4-1 a 4-4 | 4-1 |
| **ARTIGO II** - Obstáculos | ..... | 4-5 a 4-7 | 4-17 |
| **ARTIGO III** - Camuflagem | ..... | 4-8 a 4-12 | 4-27 |

**CAPÍTULO 5 - CLASSIFICAÇÃO DE PONTES, VIATURAS E RODOVIAS**

**ARTIGO I** - Sistema militar de classificação de pontes e viaturas ..... 5-1 a 5-3 5-1

**ARTIGO II** - Classificação de viaturas ..... 5-4 e 5-5 5-3

**ARTIGO III** - Classificação e sinalização de pontes e rodovias ..... 5-6 a 5-12 5-8

**ARTIGO IV** - Controle de tráfego ..... 5-13 e 5-14 5-24

**CAPÍTULO 6 - PONTES FIXAS**

**ARTIGO I** - Classificação de pontes rodoviárias ..... 6-1 a 6-4 6-1

**ARTIGO II** - Dimensionamento de pontes rodoviárias .. 6-5 e 6-6 6-28

**ARTIGO III** - Ponte pênsil leve e passadeiras de circunstâncias ..... 6-7 a 6-9 6-44

**CAPÍTULO 7 - EQUIPAGENS DE PONTES, PASSADEIRAS E PORTADAS**

**ARTIGO I** - Principais tabelas ..... 7-1 7-1

**ARTIGO II** - Equipagens de pontes flutuantes ..... 7-2 a 7-4 7-11

**CAPÍTULO 8 - ESTRADAS MILITARES**

**ARTIGO I** - Generalidades ..... 8-1 a 8-5 8-1

**ARTIGO II** - Solos ..... 8-6 e 8-7 8-9

**ARTIGO III** - Drenagem ..... 8-8 a 8-10 8-18

**ARTIGO IV** - Pavimentos ..... 8-11 a 8-14 8-32

**ARTIGO V** - Rodovias e pistas ..... 8-15 e 8-16 8-42

**CAPÍTULO 9 - CAMPOS DE POUSO E HELIPORTOS**

**ARTIGO I** - Classificação de campos de pouso e heliportos ..... 9-1 e 9-2 9-1

**ARTIGO II** - Projeto de campos de pouso e heliportos . 9-3 a 9-8 9-2

**CAPÍTULO 10 - EQUIPAMENTO DE ENGENHARIA**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ARTIGO** | **I** - Equipamento pesado ..... | 10-1 a 10-8 | 10-1 |
| **ARTIGO** | **II** - Equipamento leve ..... | 10-9 a 10-11 | 10-14 |

**CAPÍTULO 11 - RECONHECIMENTO DE ENGENHARIA**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ARTIGO** | **I** - Generalidades ..... | 11-1 a 11-5 | 11-1 |
| **ARTIGO** | **II** - Reconhecimento de itinerários ..... | 11-6 a 11-9 | 11-5 |
| **ARTIGO** | **III** - Reconhecimento de rodovias ..... | 11-10 a 11-12 | 11-11 |
| **ARTIGO** | **IV** - Reconhecimento de pontes fixas ..... | 11-13 | 11-18 |
| **ARTIGO** | **V** - Reconhecimento de cursos de água ... | 11-14 a 11-18 | 11-23 |
| **ARTIGO** | **VI** - Reconhecimento para suprimento de água ..... | 11-19 a 11-23 | 11-29 |

**CAPÍTULO 12 - CONSTRUÇÕES DE CONCRETO ....** 12-1 a 12-14 12-1

**CAPÍTULO 13 - NÓS E APARELHOS DE FORÇA**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ARTIGO** | **I** - Nós, cabos e correntes ..... | 13-1 a 13-4 | 13-1 |
| **ARTIGO** | **II** - Talhas e tirfor ..... | 13-5 a 13-8 | 13-8 |
| **ARTIGO** | **III** - Pontos de amarração e ancoragem .... | 13-9 a 13-14 | 13-14 |
| **ARTIGO** | **IV** - Apagelhos e manobras de força ..... | 13-15 a 13-22 | 13-19 |
| **ARTIGO** | **V** - Fixação de cabos metálicos e correntes ..... | 13-23 a 13-28 | 13-25 |

**CAPÍTULO 14 - NAVEGAÇÃO E MERGULHO**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ARTIGO** | **I** - Navegação ..... | 14-1 a 14-4 | 14-1 |
| **ARTIGO** | **II** - Mergulho ..... | 14-5 e 14-7 | 14-8 |

**CAPÍTULO 15 - OPERAÇÕES**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ARTIGO** | **I** - A Engenharia em operações ..... | 15-1 a 15-4 | 15-1 |
| **ARTIGO** | **II** - Documentos de operações ..... | 15-5 | 15-14 |
| **ARTIGO** | **III** - Barreiras ..... | 15-6 a 15-12 | 15-26 |

**CAPÍTULO 16 - ATIVIDADES LOGÍSTICAS** ..... 16-1 a 16-7 16-1

**CAPÍTULO 17 - DIVERSOS** ..... 17-1 a 17-23 17-1

# CAPÍTULO 1

# INTRODUÇÃO

## 1-1. FINALIDADE

Este manual apresenta um conjunto de informações e dados diversos sobre assuntos concernente à Arma de Engenharia. Tem a finalidade de constituir-se em resumo básico de fácil manuseio e de grande utilidade, principalmente quando não estão à mão os manuais específicos.

## 1-2. CONTEÚDO

Os dados apresentados neste manual constituem um resumo de vários assuntos relacionados com o emprego da Engenharia.

# CAPÍTULO 2

# EXPLOSIVOS E DESTRUIÇÕES

## ARTIGO I

## SEGURANÇA

**ADVERTÊNCIA**

O manuseio de qualquer explosivo requer redobrada atenção. Não se descuide!

## 2-1. PRINCIPAIS REGRAS DE SEGURANÇA

| | |
|---|---|
| REGRAS GERAIS | – Definir, claramente, a responsabilidade do preparo, colocação e acionamento das cargas de um plano de destruição.<br>– Atribuir a uma só pessoa a responsabilidade pela direção de todo o plano e indicar um substituto para tomar o seu lugar, se necessário. |
| REGRAS ESPECÍFICAS | – Obedecer às normas estabelecidas no C 5-25 - EXPLOSIVOS E DESTRUIÇÕES, para o armazenamento, manuseio, preparação e colocação das cargas.<br>– Evitar a inalação do gases tóxicos liberados pela detonação ou queima de explosivo.<br>– Usar, sempre que possível, duplo processo de lançamento de fogo.<br>– Nunca abandonar uma carga não detonada.<br>– Nunca tentar mover ou desarmar uma carga cujo acionamento tenha falhado.<br>– Em caso de falhas no processo e acionamento, consultar o C 5-25 que recomenda, entre outras, as seguintes precauções e procedimentos:<br>(a) esperar 30 minutos antes de investigar a falha;<br>(b) se a carga não tiver enchimento, colocar outra escorva e acionar novamente;<br>(c) se o enchimento de terra não for superior a 30 cm, explodir um nova carga sobre a terra de cobertura;<br>(d) quando a carga estiver enterrada, retirar o enchimento até a distância mínima de 30 cm da carga e então proceder como em (c) acima;<br>(e) para acionar cargas enterradas, pode-se, também, colocar uma pequena carga escorvada em um furo feito paralelamente ao anterior, à distância de 30 cm, até a mesma profundidade da carga falhada |

Tab 2-1. Regras de segurança

## ARTIGO II

## EXPLOSIVOS

### 2-2 . CARACTERÍSTICAS DOS EXPLOSIVOS

| EXPLOSIVO | VELOCIDADEDE DE DETONAÇÃO (m/s) | EFEITO RELATIVO COMO CARGA EXTERNA | VALOR COMO CARGA PARA ABERTURA DE CRATERAS | PRINCIPAIS EMPREGOS | MENOR ESPOLETA REQUERIDA PARA DETONAÇÃO | ACONDICIONAMENTO/ OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TNT | 6400 | 1,00 | BOM | EMPREGO MILITAR GENERALIZADO EM ZONAS AVANÇADAS | ESPOLETA NR 6 ESPECIAL, ELÉTRICA OU COMUM (REGULAMENTAR) | Petardos de 50 g, 100 g, 250 g, 500 g, 1 kg, 5 kg, 10 kg e 20 kg. |
| TETRITOL | 7000 | 1,20 | REGULAR | | | M1 e M2: 8 petardos de 1,1 25 kg, formando cadeia, em estojo de pano VO, de 10x20x28 cm. |
| COMPOSTO C-3 | 7900 | 1,34 | EXCELENTE | CORTE DE AÇO ESPECIAL | | 8 petardos M3, de 1 kg cada, em um estojo de pano VO. |
| COMPOSTO C-4 | 7900 | 1,34 | EXCELENTE | | | 8 petardos M5, de 1 kg cada, em um estojo de pano VO. |
| NITROAMIDO | 4600 | 0,86 | BOM | INSTRUÇÃO | | Pacotes de 450 g (4 petardos de 112 g) Petardos de 225 g. |
| NITRATO DE AMÔNIO | 3400 | 0,42 | EXCELENTE | ABERTURA DE CRATERAS | | Latas cilíndricas de 18 kg. |
| DINAMITE MILITAR M1,M2,M3 | 6100 | 0,92 | BOM | CORTES EM ROCHA (PEDREIRAS) | | M1: cartuchos com 3,1 cm de diâmetro e 20 cm de altura. M2: cartuchos com 3,8 cm de diâmetro e 20 cm de altura. |
| DINAMITE COMUM | 40% - 4.600<br>50% - 5.500<br>60% - 5.800 | 0.65<br>0.79<br>0.83 | BOM | MOVIMENTO DE TERRA, ABERTURA DE CRATERAS EM PEDREIRAS, E USO GENERALIZADO NAS ZONAS RECUADAS | ESPOLETA NR 6 COMERCIAL, ELÉTRICA E COMUM | Cartuchos com 3 cm de diâmetro e 20 cm de altura, pesando 225 g. |
| DINAMITE-AMÔNIA | 40% - 2.800<br>50% - 3.400<br>60% - 3.700 | 0.41<br>0.46<br>0.53 | EXCELENTE | | | - |
| DINAMITE-GELATINA | 40% - 2.500<br>50% - 2.800<br>60% - 4.900 | 0.42<br>0.47<br>0.76 | BOM | | | - |

Tab 2-2. Características dos principais explosivos de ruptura

| EXPLOSIVO | VELOCIDADE DE DETONAÇÃO (m/s) | EFEITO RELATIVO COMO CARGA EXTERNA | VALOR COMO CARGA PARA ABERTURA DE CRATERAS | PRINCIPAIS EMPREGOS | MENOR ESPOLETA REQUERIDA PARA DETONAÇÃO | ACONDICIONAMENTO / OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AMATOL | 4900 | 1,17 | BOM | BLOCOS E TORPEDO BANGALORE | CARGA - ESCORVA C/ ALTO EXPLOSIVO | Altamente Higroscópico |
| COMPOSTO B e B-2 | 7620 | 1,35 | BOM | CARGAS MOLDADAS, MINAS TORPEDOS E PROJÉTEIS DE GROSSO CALIBRE | CARGA-ESCORVA | Queima a céu aberto. Possui diversas formas. |
| HBX-1 HBX-3 | 7290 | 1,48 (no ar) 1,68 (submerso) | BOM | TORPEDOS, MINAS,BOMBAS, CARGAS DE PROFUNDIDADE E DEMOLIÇÃO | TORPEDOS, MINAS,BOMBAS, CARGAS DE PROFUNDIDADE E DEMOLIÇÃO | - |
| PENTOLITE | 7360 | 1,26 | REGULAR | CARGAS MOLDADAS, GRANADAS, FOGUETES E ANTI-TANQUE | | Possui sensibilidade menor que a do PETN |
| PETN | 7800 | 1,45 | RUIM | CORDEL DETONANTE, ESPOLETAS E ESCORVAS | | Em pó |
| RDX (CICLONITE) | 8100 | 1,6 | BOM | COMPONENTE DE MISTURAS EXPLOSIVAS | NÃO É O CASO | É o mais poderoso dos explosivos |
| TETRIL | 7380 | 1,28 | BOM | CARGA PRINCIPAL EM ESPOLETAS E ESCORVA | ESPOLETA ESPECIAL, ELÉTRICA OU COMUM | Está deixando de ser usado |

Tabela 2-2. Características dos principais explosivos de ruptura (continuação)

| EXPLOSIVO | Vel Detn (m/s) | EMPREGO | TIPO E ACONDICIONAMENTO |
|---|---|---|---|
| BRINEL | 1000 | Estopim ultra-rápido | Tubo plástico flexível. Quando iniciado, produz plasma gasoso que percorre o tubo e aciona sua espoleta. Faz a ligação entre o cordel detonante e a carga |
| BRITACON | - | Retardador de detonação para cordel detonante | Alto explosivo. Possui invólucro de papelão |
| BRITAGEL | 3200 | Desmonte de rochas duras e médias | Explosivo gelatinoso. Possui várias dimensões |
| BRITAMON | 2500 | Carga de coluna em qualquer tipo de rocha | Cartucho de polietileno rígido ou de papel parafinado. Possui várias dimensões |
| BRITANITE AL | 2700 | Desmonte, a céu aberto, de qualquer tipo de rocha | É uma lama explosiva. Tubo flexível de polietileno. Possui várias dimensões |
| BRITEX | 7400 | Iniciar explosivo de baixa intensidade | Reforçador (booster) de pentolite (alto explosivo) |
| BRITON | 2000 | Carga de coluna em rochas médias | Explosivo à base de nitrocarbonitrato. Saco plástico de 5 kg ou tubo flexível de polietileno em várias dimensões |
| GELATEL | 3400 | Rochas muito duras em qualquer tipo de desmonte | Explosivo gelatinoso. Cartucho de polietileno rígido ou de papel parafinado em várias dimensões |
| NITRON | 2200 | Carga de coluna | Explosivo pulverulento. Sacos plásticos de 25 kg. Carregamento pneumático |
| TOVEX | 3700 | Desmontes subterrâneos | Aquagel. Tubo flexível de polietileno em várias dimensões |
| AMPLEX | 7400 | Iniciar explosivo de baixa sensibilidade | Reforçador (booster) de pentolite (alto explosivo). Seu invólucro é de plástico |
| CARBONITA RX | - | Desmontes subterrâneo | Explosivo gelatinoso, nitroglicerinado. Cartuchos de papel parafinado em diversos diâmetros |
| DINAMON | - | Rochas duras e médias em qualquer tipo de desmonte | Idêntico à Carbonita |
| EXPLON | - | Carga de coluna. Permite carregamento pneumático. Desmontes subterrâneos | Explosivo granulado. Sacos plásticos de 25 kg |
| MANTICRON | - | Retardador de detonação para cordel detonante | Alto explosivo. Possui invólucro de plástico |
| POWERGEL | - | Desmonte de qualquer tipo de rocha | Emulsão sem nitroglicerina Tubo flexível de polietileno em várias dimensões |
| SL - 400<br>SL - 500 | - | Carga de fundo em qualquer tipo de rocha. Ocupa os espaços vazios do furo. | Lama explosiva. Tubo flexível de polietileno em diversos diâmetros com comprimento de 60 cm |
| BELGEX 40<br>BELGEX 60<br>BELGEX 75 | 3000<br>4000<br>4500 | Desmonte de rochas de elevada resistência a céu aberto ou sob solo | Explosivo gelatinoso, nitroglicerinado. Cartuchos de polietileno rígido ou de papel parafinado em várias dimensões |
| BELMEX | 4000 | Minerações e obras de construção civil | Aquagel sem nitroglicerina. Tubo flexível de polietileno em várias dimensões |
| BELPLAX | 2400 | Carga de coluna. Carregamento pneumático em desmonte subterrâneo | Explosivo pulverulento, nitrocarbonitrato (NCN). Sacos plásticos valvulados de 25 kg |
| CARBEL | 4500 | Desmonte de qualquer tipo de rocha | Explosivo gelatinoso, nitroglicerinado. Cartucho de polietileno rígido ou de papel parafinado em várias dimensões |
| NITROPENTA (PETN) | 8300 | Cordel detonante, reforçador (booster) ou composições explosivas | Alto explosivo com elevado poder de brisância. Altamente sensível |
| PLASTEX | 7000 | Cortes de peças metálicas | Explosivo plástico, podendo adquirir qualquer forma |
| TRINÔMIO | 2200 | Carga de coluna em desmonte a céu aberto de rochas brandas ou com elevado índice defissuramento | Explosivo semi-gelatinoso. Cartucho de polietileno rígido ou de papel parafinado em várias dimensões |
| PV 15 | 4000 | Carga de fundo em qualquer tipo de rocha | Explosivo gelatinoso. Cartucho de polietileno rígido ou de papel parafinado em várias dimensões |

Tab 2-3. Principais explosivos comerciais

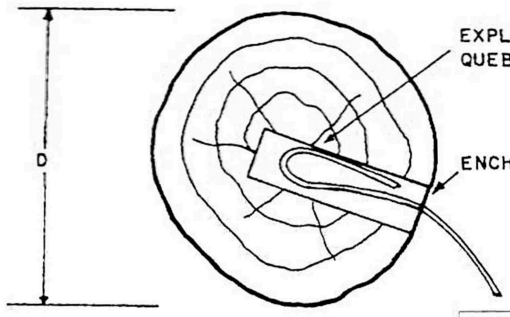
| CARGAS | CONCRETO ARMADO | | | | | CHAPAS DE BLINDAGEM | | | | OBSERVAÇÃO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | PERFURAÇÃO (cm) (1) | PENETRAÇÃO (cm) (2) | DIÂMETRO DE PERFURAÇÃO (cm) | | | PERFURAÇÃO (cm) | DIÂMETRO DE PERFURAÇÃO(cm) | | | |
| | | | ENTRADA (cm) | MÉDIO (cm) | MÍNIMO (cm) | | ENTRADA (cm) | MÉDIO (cm) | MÍNIMO (cm) | |
| M3 | 152 | 152 | 12,7 | 8,9 | 6,3 | 50,8 (pelo menos) | - | 6,3 | - | Uma segunda carga M3, colocado na cratera da primeira, aumentará a penetração no concreto, no mínimo, para 2,10 metros. |
| M2A3 | 91 | 76,2 | 8,9 | 7 | 5,1 | 30,5 | - | 3,8 | - | Uma segunda carga, colocada na cratera da primeira, aumentará a perfuração no concreto para 1,14 metros. |
| M1, M2, M2A1 e M2A2 | 76,2 | 63 | 6,3 | 5,1 | 3,2 | 20,3 | - | 3,2 | - | Uma segunda carga, colocada na cratera da primeira, aumentará a penetração no concreto para 1 metro. |

**OBSERVAÇÃO**
(1) Espessura da parede que pode ser perfurada pela carga.
(2) Profundidade de penetração, quando a espessura é muito grande para ser perfurada

Tab 2-4. Penetrações das cargas dirigidas

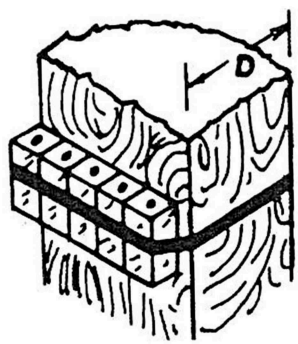
## 2-4. CARGAS PARA CORTAR MADEIRA

### a. Cargas para cortar madeira




- CARGAS INTERNAS -

$C=0,3\ D^2$ onde C é a carga (em g) e D a menor dimensão da madeira (em cm)




- CARGAS EXTERNAS -

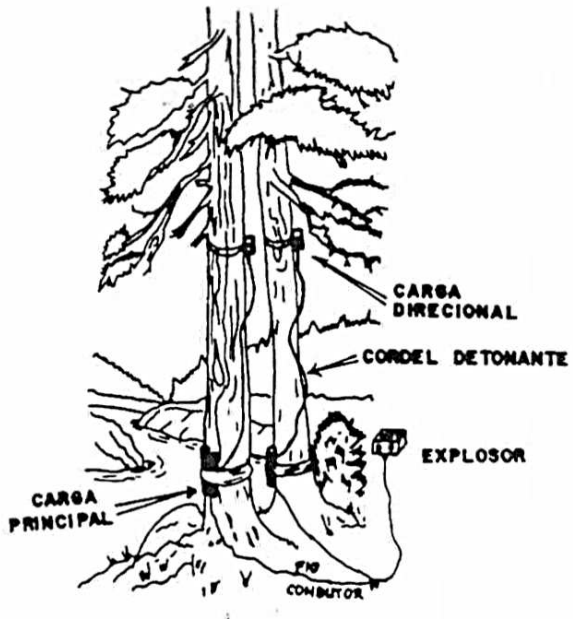
$D=1,8\ D^2$ onde C é a carga (em g) e D a menor dimensão da madeira (em cm)

| DADOS / COLOCAÇÃO DA CARGA | MENOR DIMENSÃO DA MADEIRA (em cm) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| | GRAMAS DE TNT | | | | | | | | | | | |
| EXTERNA | 450 | 750 | 1150 | 1650 | 2250 | 2900 | 3650 | 4500 | 6500 | 8850 | 11550 | 14600 |
| INTERNA | 100 | 150 | 200 | 300 | 400 | 500 | 650 | 750 | 1100 | 1500 | 1950 | 2.450 |

Fig 2-1. Cargas para cortar madeiras

**b. Cargas para abatises**

| FÓRMULA |
| --- |
| **C abatis = 2/3 C**, onde<br>C = 1,8 $D^2$ (carga externa) ou<br>C = 0,3 $D^2$ (carga interna) |




**OBSERVAÇÕES**

1. É um obstáculo eficaz para CC ou outros veículos em área densa e precária rede de estradas.
2. O explosivo deve ficar a 1,5 m de altura em relação ao nível do solo.
3. Tomba-se, primeiramente, as árvores de um lado e depois a do outro lado da estrada.
4. Para ser eficiente deve ser de, no mínimo, 75 cm de profundidade.
5. Árvores isoladas, devem ter no mínimo 60 cm de diâmetro.
6. Sempre que possível, deve ser agravado com minas, armadilhas e batido por fogos.

Fig 2-2. Corte de Abatis

## 2-5. CARGAS PARA CORTAR AÇO

**a. Estruturas de aço -** Vigas em T, duplo T, U, L e I; chapas de aço.

| ESPESSURA | | LARGURA DA SEÇÃO | | | | | | | | | | | | | Obs |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pol | cm | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 50 | 60 | |
| 1/4 | 0,6 | 100 | 100 | 150 | 200 | 200 | 250 | 350 | 450 | 500 | 600 | 650 | 850 | 1000 | |
| 3/8 | 1 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 450 | 550 | 700 | 850 | 950 | 1100 | 1350 | 1650 | |
| 1/2 | 1,3 | 200 | 250 | 300 | 350 | 450 | 550 | 750 | 900 | 1100 | 1250 | 1450 | 1800 | 2150 | |
| 5/8 | 1,6 | 250 | 300 | 350 | 450 | 550 | 650 | 900 | 1100 | 1300 | 1550 | 1750 | 2200 | 2600 | As cargas são dadas em gramas |
| 3/4 | 1,9 | 300 | 350 | 450 | 550 | 650 | 800 | 1050 | 1300 | 1550 | 1800 | 2100 | 2600 | 3100 | |
| 7/8 | 2,2 | 300 | 400 | 500 | 600 | 750 | 900 | 1200 | 1500 | 1800 | 2100 | 2400 | 3000 | 3600 | |
| 1 | 2,5 | 350 | 450 | 550 | 700 | 850 | 1050 | 1350 | 1700 | 2050 | 2400 | 2700 | 3400 | 4050 | |
| 1 1/4 | 3,1 | 450 | 550 | 700 | 850 | 1050 | 1300 | 1700 | 2100 | 2550 | 2950 | 3350 | 4200 | 5050 | |

Tab 2-5. Cargas para cortar aço

**b. Método para usar a tabela**

(1) Medir as seções retangulares parciais que constituem a peça.

(2) Achar a carga de cada seção.

(3) Somar as cargas correspondentes às seções parciais, para determinar a carga total.

(4) Nunca empregar cargas menores que as calculadas, na fórmula.

**c. Fórmula**

$C = 27\ A$ , onde A = área da seção em $cm^2$

**d. Problema exemplo**

- Flanges: largura = 20 cm
  espessura = 1" (2,5 cm)
  carga (tabela) = 1.350 g
- Alma: altura = 40 cm
  espessura = 5/8" (1,6 cm)
  carga (tabela) = 1.750 g
- Carga total:
  2 flanges: 2 x 1.350 = 2.700 g
  1 alma: 1 x 1.750 g = 1.750 g
  Soma: 4.450 g

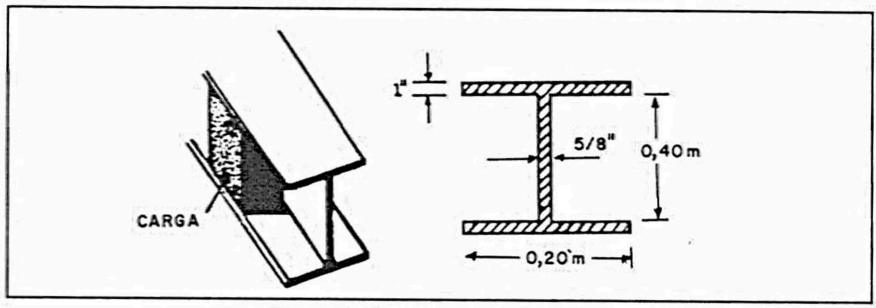



Fig 2-3. Carga para cortar aço

**e.** Cabos de aço, vergalhões, peças forjadas de alta resistência, cabo de aço, peças de maquinaria e ferramentas resistentes, engrenagens, eixos de transmissão, lâminas de máquinas, correntes e estruturas cujas formas tornam difícil o respectivo contato com o explosivo.

A carga em gramas é calculada pela fórmula: C = 70 A, onde A é a área da seção reta, em $cm^2$.

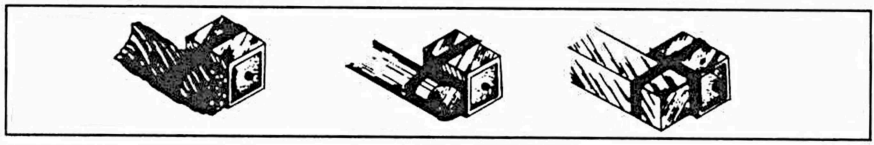


Fig 2-4. Carga para cortar aço

## 2-6. CARGAS DE PRESSÃO

Fórmula: $\boxed{C = 50\ H^2T}$

**a. Pontes em lajes (Fig 2-5)**

- C: carga, em kg
- H: espessura do tabuleiro, em metros
- T: largura da laje, em metros

| "H" em metros | "T" EM METROS | | | | | | OBS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3,00 | 3,10 | 3,20 | 3,30 | 3,60 | 3,80 | |
| 0,3 | 13,5 | 14,0 | 14,4 | 14,9 | 16,2 | 17,1 | MEDIDAS MAIS COMUNS |
| 0,4 | 24,0 | 24,8 | 25,6 | 26,4 | 28,8 | 30,4 | |
| 0,5 | 37,5 | 38,8 | 40,0 | 41,3 | 45,0 | 47,5 | |
| 0,6 | 54,0 | 55,8 | 57,6 | 59,4 | 64,8 | 68,4 | |

Tab 2-6. Cargas de pressão para pontes em laje

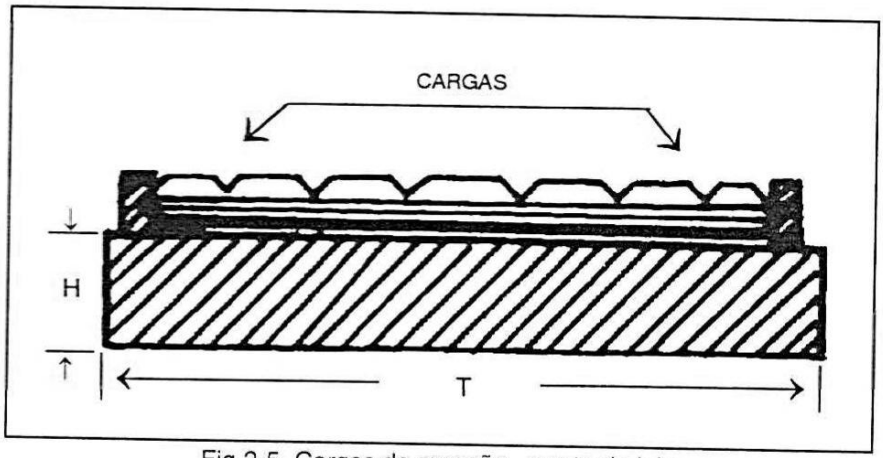



Fig 2-5. Cargas de pressão - ponte de laje

**b. Ponte de lajes e vigas em T de concreto (Fig 2-6)**

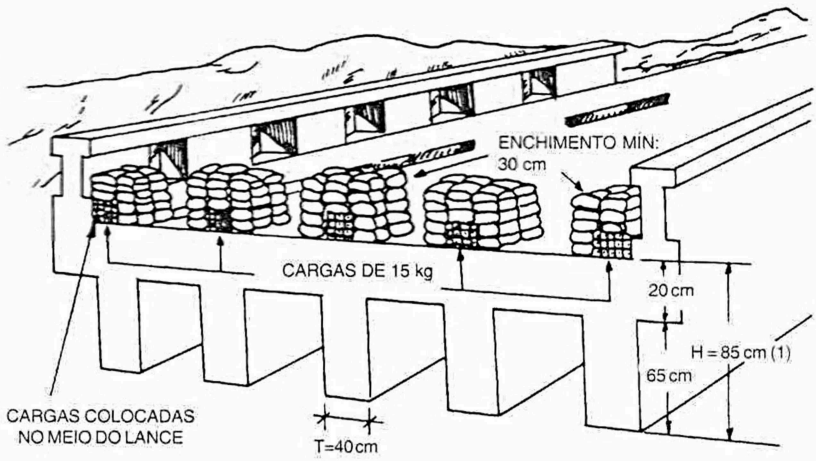
C = carga, em kg

H = altura da viga em metros, inclusive espessura do tabuleiro

T = espessura da viga, em metros

| "H" em metros | "T" em metros<br>Pontes de lajes e vigas em T de concreto | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,00 | 1,10 |
| 0,30 | 1,4 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0,40 | 2,4 | 3,2 | - | - | - | - | - | - | - |
| 0,50 | 3,8 | 5,0 | 6,3 | - | - | - | - | - | - |
| 0,60 | 5,4 | 7,2 | 9,0 | 10,8 | - | - | - | - | - |
| 0,70 | 7,4 | 9,8 | 12,3 | 14,7 | 17,2 | - | - | - | - |
| 0,80 | 9,6 | 12,8 | 16,0 | 19,2 | 22,4 | 25,6 | - | - | - |
| 0,90 | 12,2 | 16,2 | 20,3 | 24,3 | 28,4 | 32,4 | 36,5 | - | - |
| 1,00 | 15,0 | 20,0 | 25,0 | 30,0 | 35,0 | 40,0 | 45,0 | 50,0 | - |
| 1,10 | 18,2 | 24,2 | 30,3 | 36,3 | 42,4 | 48,4 | 54,5 | 60,5 | 66,6 |
| 1,20 | 21,6 | 28,8 | 36,0 | 43,2 | 50,4 | 57,6 | 64,8 | 72,0 | 79,2 |
| 1,30 | 25,4 | 33,8 | 42,3 | 50,7 | 59,2 | 67,6 | 76,1 | 84,5 | 93,0 |
| 1,40 | 29,4 | 39,2 | 49,0 | 58,8 | 68,6 | 78,4 | 88,2 | 98,0 | 107,8 |
| 1,50 | 33,8 | 45,0 | 56,3 | 67,5 | 78,8 | 90,0 | 101,3 | 112,5 | 123,8 |

Tab 2-7. Cargas de pressão para pontes de lajes e vigas em T de concreto




**OBSERVAÇÃO**

(1) Valores intermediários de H, adotar o valor imediatamente superior.

Fig 2-6. Ponte de Laje e vigas em "T" de concreto

## 2-7. CARGAS DE RUPTURA

Fórmula: $\mathbf{C = 16\ R^3\ K\ E}$ , onde:

C = peso de TNT, em kg
R = raio de ruptura, em metros
K = coeficiente do material
E = coeficiente do enchimento

| NATUREZA DO MATERIAL | R | K | FATOR DE CONVERSÃO |
|---|---|---|---|
| Terra comum | - Todos os valores | 0,05 | 0,10 |
| Alvenaria fraca, arenito, rocha branda e construção de madeira dura e terra | - Todos os valores | 0,23 | 0,50 |
| Alvenaria boa, concreto comum e rocha | - Menos de 0,90 m<br>- Entre 0,90 e 1,50 m<br>- Entre 1,50 e 2,10 m<br>- Mais de 2,10 m | 0,35<br>0,28<br>0,25<br>0,23 | 0,50 |
| Concreto denso e alvenaria de 1ª classe | - Menos de 0,90 m | 0,45 | 0,60 |
| | - Entre 0,90 e 1,50 m<br>- Entre 1,50 e 2,10 m<br>- Mais de 2,10 m | 0,38<br>0,33<br>0,30 | 0,70 |
| Concreto armado | - Menos de 0,90 m<br>- Entre 0,90 e 1,50 m<br>- Entre 1,50 e 2,10 m<br>- Mais de 2,10 m | 0,70<br>0,55<br>0,50<br>0,45 | 1,00 |

Tab 2-8. Fatores de conversão e coeficiente do material

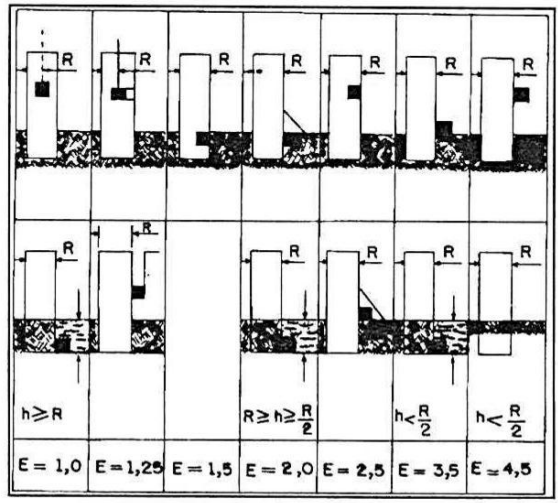



Fig 2-7. Valores de E

**a. Método para o cálculo da carga**

(1) Identificar a natureza do material.

(2) Determinar a carga com os valores de R e E, na tabela 2-9, como se o material fosse concreto armado.

(3) Multiplicar pelo fator de conversão da tabela 2-8.

| R | E = 1,00 | E = 1,25 | E = 1,50 | E = 2,00 | E = 2,50 | E = 3,50 | E = 4,50 | K |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,2 | 0,10 | 0,15 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,35 | 0,45 | |
| 0,3 | 0,35 | 0,40 | 0,50 | 0,65 | 0,80 | 1,10 | 1,40 | |
| 0,4 | 0,75 | 0,90 | 1,10 | 1,45 | 1,80 | 2,55 | 3,25 | |
| 0,5 | 1,40 | 1,75 | 2,10 | 2,80 | 3,50 | 4,90 | 6,30 | 0,70 |
| 0,6 | 2,45 | 3,05 | 3,65 | 4,85 | 6,05 | 8,50 | 10,90 | |
| 0,7 | 3,85 | 4,85 | 5,80 | 7,70 | 9,65 | 13,45 | 17,30 | |
| 0,8 | 5,75 | 7,20 | 8,65 | 11,50 | 14,35 | 20,10 | 25,85 | |
| 0,9 | 8,20 | 10,25 | 12,25 | 16,35 | 20,45 | 28,60 | 36,75 | |
| 1,0 | 8,80 | 11,00 | 13,20 | 17,60 | 22,00 | 30,80 | 39,60 | |
| 1,1 | 11,75 | 14,65 | 17,60 | 23,45 | 29,30 | 41,00 | 52,75 | |
| 1,2 | 15,25 | 19,05 | 22,85 | 30,45 | 38,05 | 53,25 | 68,45 | 0,55 |
| 1,3 | 19,35 | 24,20 | 29,05 | 38,70 | 48,35 | 67,70 | 87,05 | |
| 1,4 | 24,15 | 30,20 | 36,25 | 48,30 | 60,40 | 84,55 | 108,70 | |
| 1,5 | 29,70 | 37,15 | 44,55 | 59,40 | 74,25 | 103,95 | 133,65 | |
| 1,6 | 32,80 | 41,00 | 49,20 | 65,55 | 81,95 | 114,70 | 147,50 | |
| 1,7 | 39,35 | 49,15 | 59,00 | 78,65 | 98,30 | 137,60 | 176,90 | |
| 1,8 | 46,70 | 58,35 | 70,00 | 93,35 | 116,65 | 163,30 | 210,00 | 0,50 |
| 1,9 | 54,90 | 68,60 | 82,35 | 109,75 | 137,20 | 192,10 | 246,95 | |
| 2,0 | 64,00 | 80,00 | 96,00 | 128,00 | 160,00 | 224,00 | 288,00 | |
| 2,1 | 74,10 | 92,65 | 111,15 | 148,20 | 185,25 | 259,35 | 333,40 | |
| 2,2 | 76,70 | 95,85 | 115,00 | 153,35 | 191,70 | 268,35 | 345,00 | |
| 2,3 | 87,65 | 109,55 | 131,45 | 175,25 | 219,05 | 306,65 | 394,25 | |
| 2,4 | 99,55 | 124,45 | 149,30 | 199,10 | 248,85 | 348,40 | 447,90 | 0,45 |
| 2,5 | 112,50 | 140,65 | 168,75 | 225,00 | 281,25 | 393,75 | 506,25 | |
| 2,6 | 126,55 | 158,20 | 189,85 | 253,10 | 316,40 | 442,95 | 569,50 | |
| **OBSERVAÇÃO: Valores de R>2,6, usar a fórmula** | | | | | | | | |

Tab 2-9. Cargas de ruptura para concreto armado (C em kg)

## 2-8. CARGAS PARA DESTRUIÇÃO DE ENCONTROS DE PONTES

**a. Encontros até 1,5 m de espessura** - Colocar cargas de cratera 18 kg paralelamente ao encontro, em orifícios de 1,50 m de profundidade, distanciados de 1,50 m e afastados de 1,50 m da face do encontro, voltada para o rio.

| Números de cargas: | $N = \frac{L}{1,5} - 1$ |
|---|---|

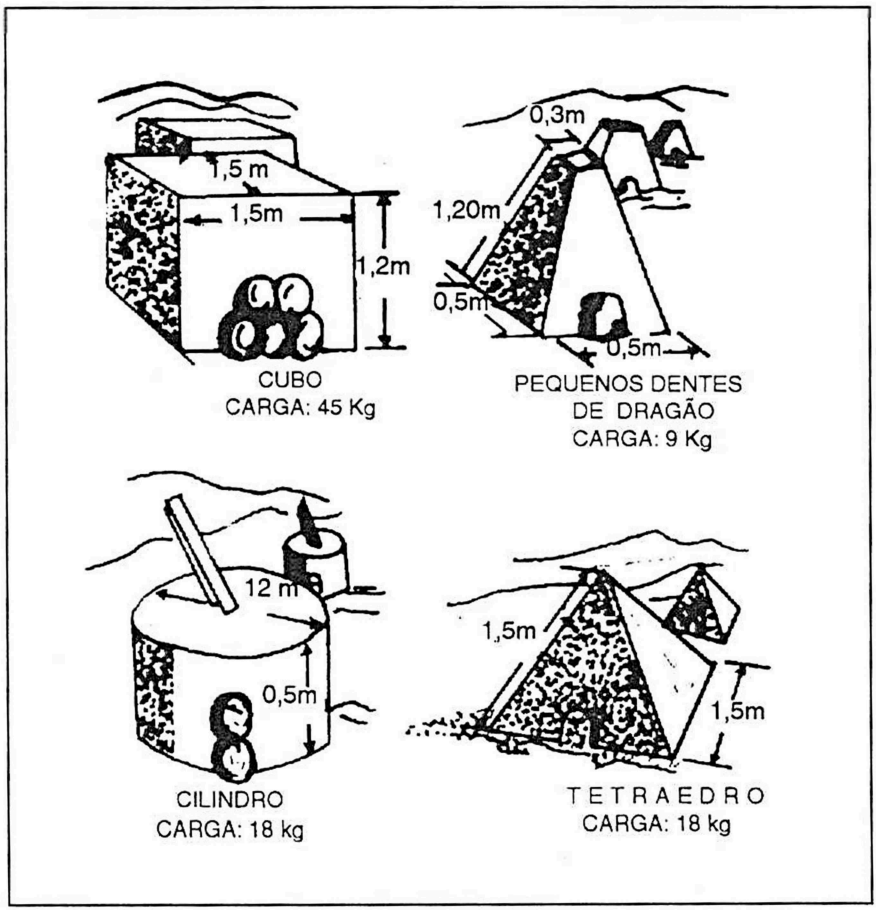



Fig 2-8. Pequenos obstáculos de concreto

**b. Encontros de espessura maior do que 1,5 m**

(1) Calcular a carga pela fórmula para cargas de ruptura e colocá-las junto à face do encontro voltada para a margem, a uma profundidade igual à espessura do encontro.

(2) $\boxed{N = L / 2R}$ $\boxed{C = 16\ R^3\ K\ E}$

Onde:

| | |
|---|---|
| N = número de cargas; L = largura do pilar; R = raio de ruptura; K = coeficiente do material | N > 2, fração ³ 0,5, aproximar para cima; 1 < N < 2, fração ³ 0,25, aproximar para cima |

## 2-9. CARGAS PARA ABERTURA DE CRATERAS EM ESTRADAS

| TIPO DE CRATERA | CARGA DE TNT | CARGA DE NITRATO DE AMÔNIA | COLOCAÇÃO DA CARGA | RESULTADO | NECESSIDADE DE MÃO-DE-OBRA |
|---|---|---|---|---|---|
| NORMAL | 10 kg<br>18 kg | 18 kg<br>36 kg | Furos de 1,5 m<br>Furos de 2,1 m | Extensão = 7,5 m<br>Profundidade = 2,4 m<br>Largura = 2,4 m além dos furos extremos | 2 Gp.h para a profundidade de 2,5 m e largura de 7,5 m |
| RÁPIDA | 8 kg | 15 kg/m | Furos a partir de 0,75 m | Extensão = 5 x P<br>Profundidade = 1,25 x P<br>Largura = 2,4 além dos furos extremos, onde P = profundidade | 1 Gp.h para a profundidade 2,25 m e largura de 7,5 m |

Tab 2-10. Cargas para crateras e mão de obra

**OBSERVAÇÃO**: Nr de furos: N = ((L - 4,80) / 1,50) + 1 ; Evitar furos de 1,5 m lado a lado

## 2-10. CARGAS PARA DESTRUIÇÃO DE OBSTÁCULOS

| TIPOS DE OBSTÁCULOS | | | CARGA (TETRITOL) | COLOCAÇÃO DE CARGA |
|---|---|---|---|---|
| De concreto | | | 32 kg/m de concreto armado | No centro da base do obstáculo. Fig 2-8 |
| De aço | | | C = 27 A (TNT) | Nas áreas de maior resistência. Fig 2-9 |
| De madeira | | | C = 1,8 $D^2$ (TNT) | Na base das toras de madeira. Fig 2-9 |
| Muros de concreto | Sem aterro | | 240 kg/m de espessura para muros de até 1,8 m de altura e 1,8 m de espessura. Usar mais 120 kg/m para alturas além de 1,8 m | Conforme Fig 2-10 |
| | Com aterro | Concreto | Somar 20 kg para carga sem aterro | Conforme Fig 2-10 |
| | | Tronco | 225 kg/m para até 1,80 m de altura | Conforme Fig 2-11 |

Tab 2-11. Cargas para destruição de obstáculos

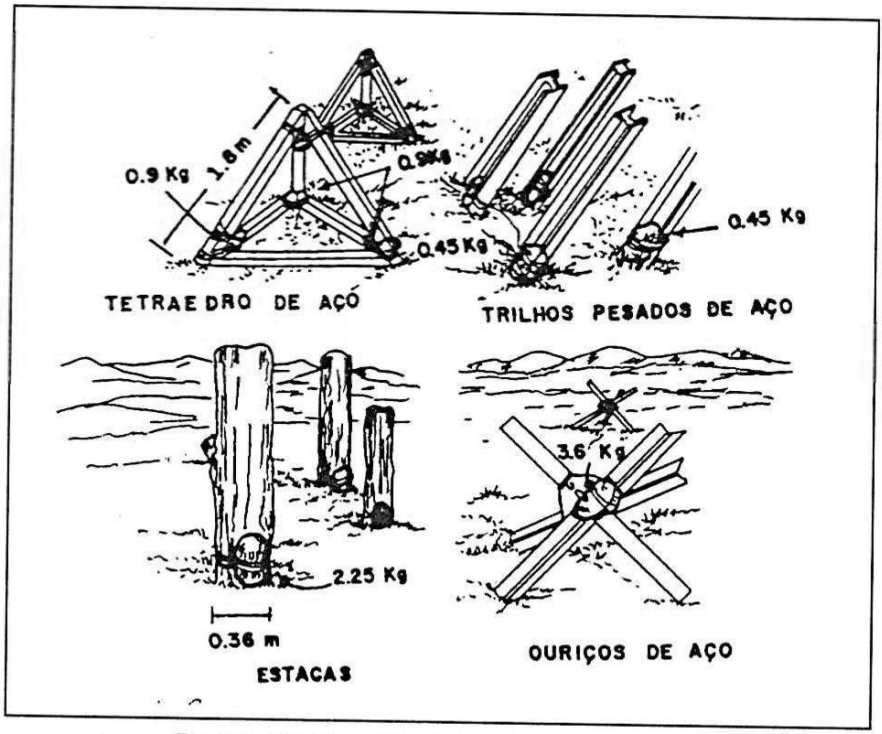



Fig 2-9. Obstáculos isolados de aço e madeira

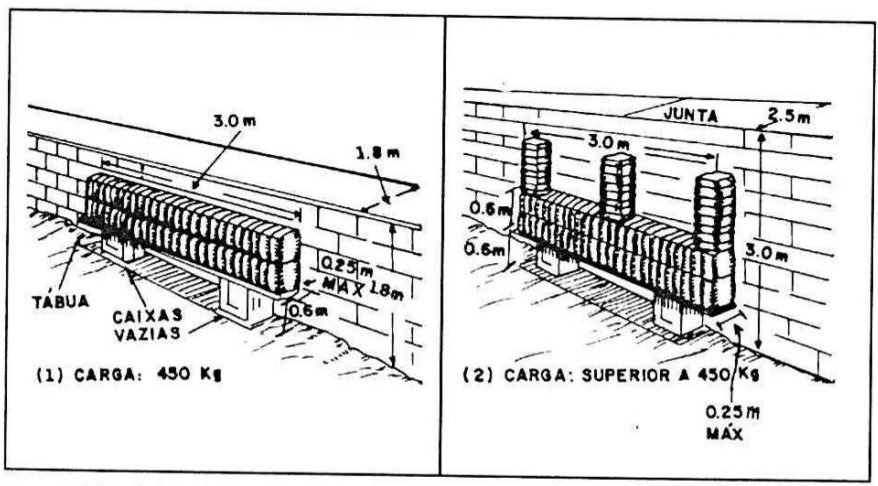



Fig 2-10. Destruição de muros de concreto armado sem aterro

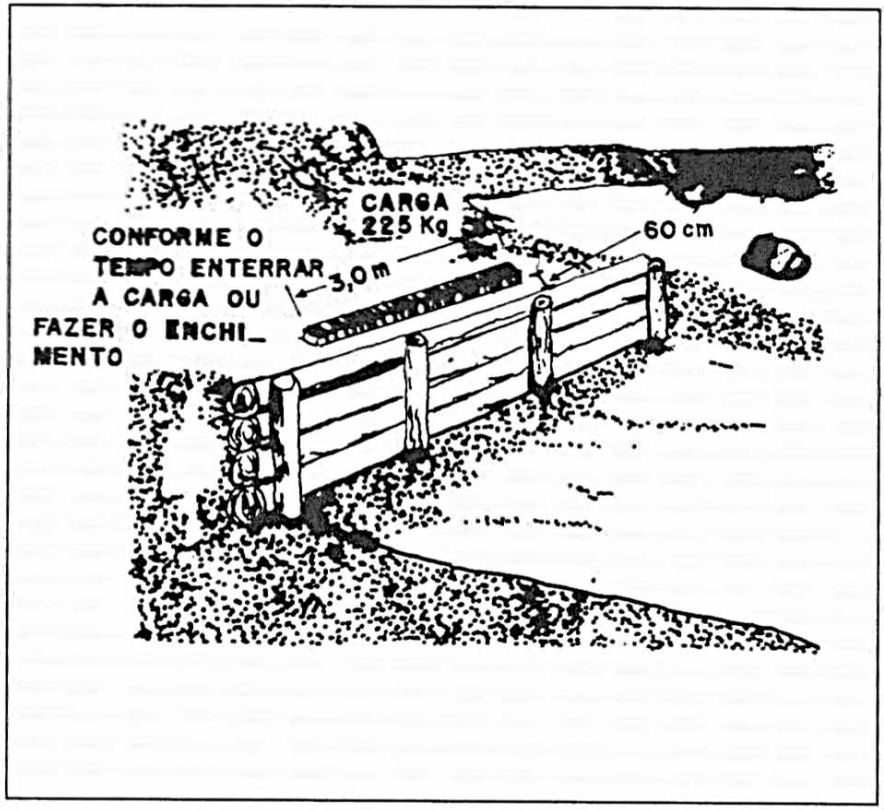



Fig 2-11. Destruição de muros de troncos

**a. Fossos anticarro** - A carga indicada acima, para muros de troncos com aterro, pode ser usada para fazer as rampas em fossos AC revestidos até 2,40 m de profundidade. Entretanto, quando houver pouco ou nenhum revestimento, ela deverá ficar ligeiramente mais afastada da borda do fosso.

## 2-11. EMPREGO DE AGENTES QUÍMICOS E MINAS AP PARA RETARDAR A RECONSTRUÇÃO

**a.** Gases vesicantes, de preferência, e minas AP podem ser usados em torno das destruições para retardar a reconstrução das obras. Esta iniciativa, entretanto, só é tomada quando os Cmt do Ex ou do TO decidem abandonar certas zonas ao inimigo.

**b.** A localização das minas AP deve ser registrada conforme mostra o Capítulo 3.

## ARTIGO III

## TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO

### 2-12. EMPREGO DOS EXPLOSIVOS

| TIPOS DE TRABALHOS | TÉCNICA DE EXPLORAÇÃO | PREPARAÇÃO DA CARGA | OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|---|
| Pedreira | Em degraus | Câmaras = 2,4 m<br>Espaço = 1,5 m<br>Explosivo = até atingir 1,5 m. Fazer bom enchimento | Acionar a carga-padrão e analisar o resultado. Aumentar ou diminuir o espaçamento. mantendo constante a profundidade e a carga. Explorar até a altura de 9,0 m |
| | Em câmaras | Conforme Tab 2-13 | Fig 2-13 |
| | Cova de serpente | Conforme Tab 2-15 | Usada quando o cimo da pedreira é inacessível e quando a rocha é estratificada verticalmente |
| Escavação de rochas | Em degraus | Idêntico processo de pedreira em degraus | Crosta < 1,8 m - será removida pela explosão<br>Crosta >= 1,8 m - remover a diferença até 1,8 m |
| | Em câmaras | Conforme Fig 2-14 | Auxiliar escavação de cortes comuns ou a meia encosta |
| | Corte e aterro a meia encosta | Conforme Fig 2-15 | - |
| | Covas de serpente | Conforme Fig 2-16 | É de bom rendimento no alargamento dos cortes. Sempre que possível, o lançamento do fogo deve ser feito simultaneamente em todas as cargas |

Tab 2-12. Emprego dos explosivos nos trabalhos de construção.

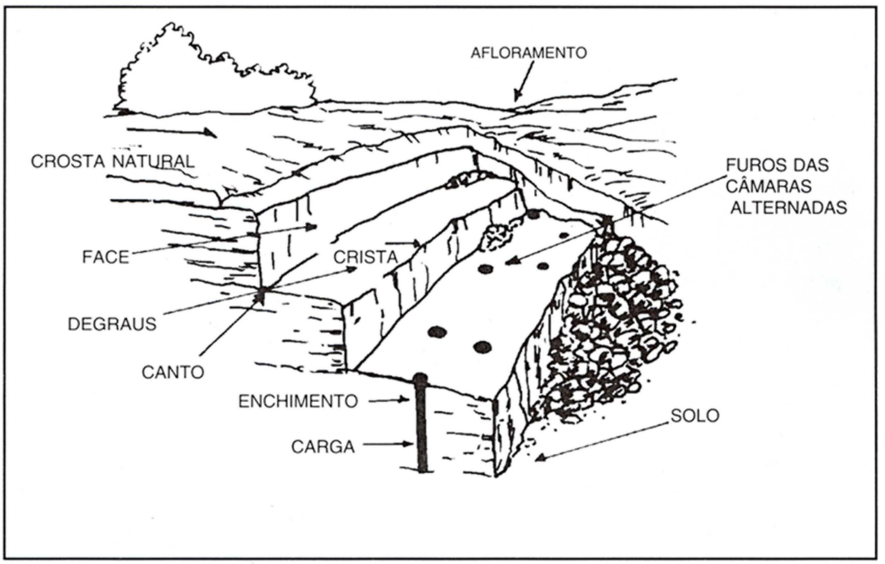



Fig 2-12. Vista de uma pedreira com vários degraus

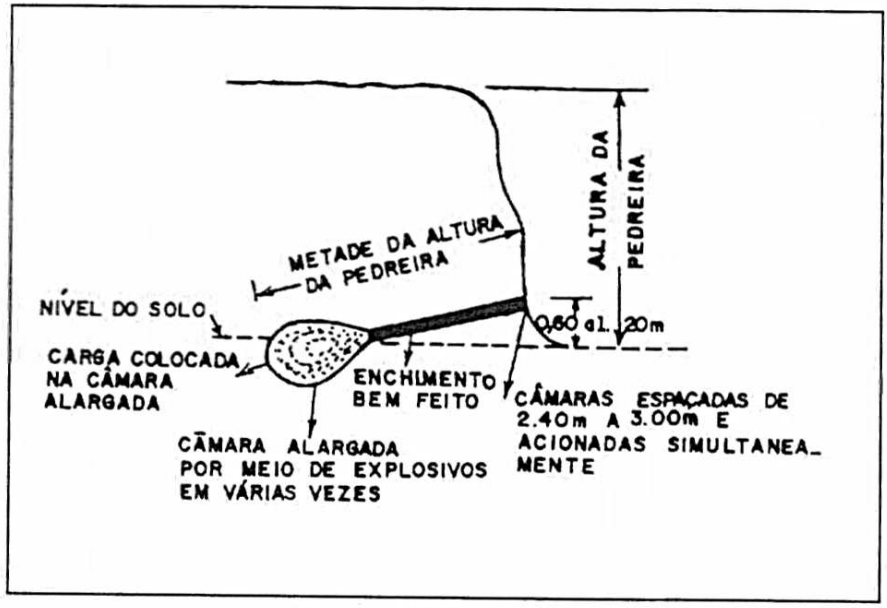



Fig 2-13. Cova de serpente

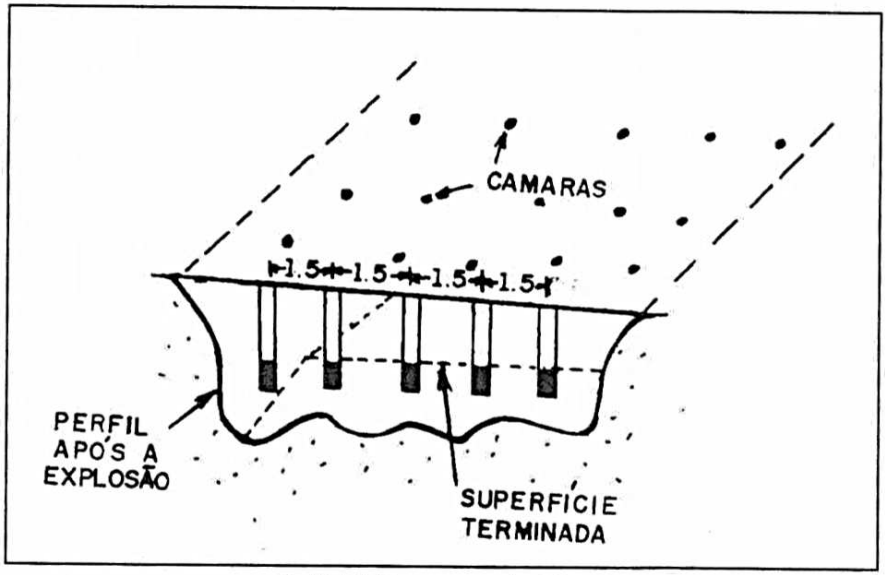



Fig 2-14. Processo da câmaras

**a. Cargas explosivas** - Determinar o peso da carga necessária a cada câmara, por meio de cargas de prova. A majoração de 10 a 20% sobre a carga normal torna a remoção mais rápida e reduz ao mínimo a necessidade de novas perfurações e lançamentos de fogo. A Tab 2-13 dá as capacidades das câmaras de diversos diâmetros em kg de explosivo por metro de profundidade.

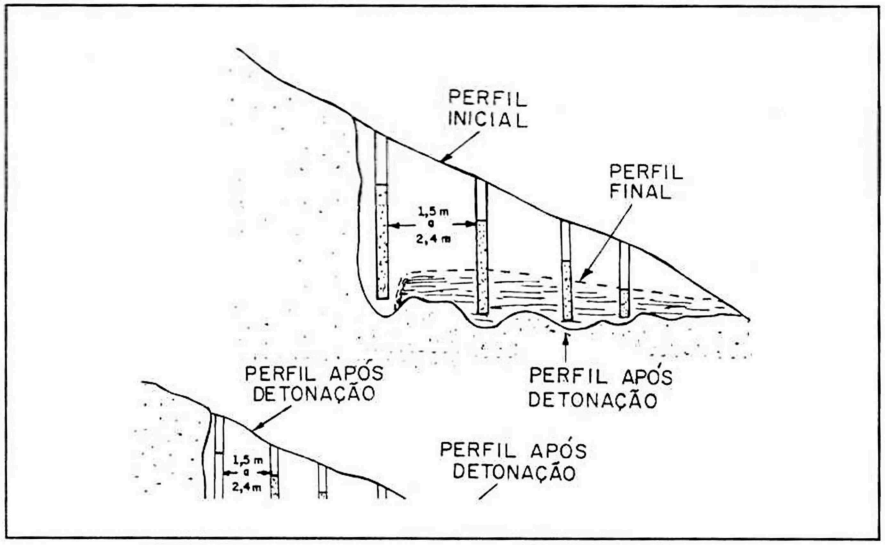



Fig 2-15. Corte e aterro a meia encosta

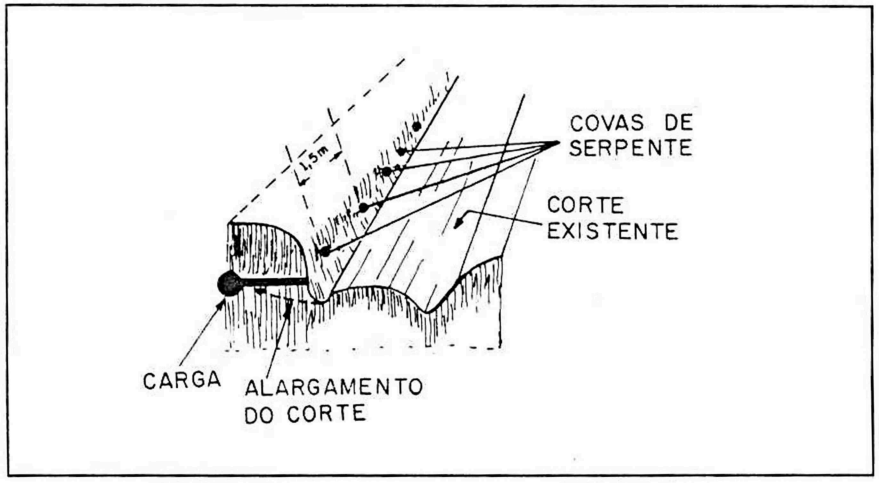



Fig 2-16. Processo das covas de serpente

| Diâmetro da câmara | | TNT (kg por metro de profundidade da câmara) | Diâmetro da câmara | | TNT (kg por metro de profundidade da câmara) |
|---|---|---|---|---|---|
| Polegadas | cm | | Polegadas | cm | |
| 1 | 2,50 | 0,45 | 5,00 | 12,70 | 11,00 |
| 1 1/2 | 3,80 | 1,04 | 6,00 | 15,20 | 15,76 |
| 2 | 5,10 | 1,79 | 7,00 | 17,80 | 20,82 |
| 2 1/2 | 6,40 | 2,83 | 8,00 | 20,30 | 28,25 |
| 3 | 7,60 | 4,02 | 10,00 | 25,40 | 44,62 |
| 4 | 10,20 | 7,14 | 12,00 | 30,50 | 63,93 |

Tab 2-13. Capacidade das câmaras em explosivos com enchimento

## 2-13. ESCAVAÇÃO E PROCESSO DE CARREGAMENTO PARA CONSTRUÇÃO DE FOSSOS AC

**a. Generalidades** - Fossos não muito regulares, com 0,75 m a 3,60 m de profundidade e 1,20 m a 12,00 m de largura, podem ser escavados por explosivos na maioria dos tipos de solos, exceto nos de pedra solta ou arenosos.

**b. Cargas de provas** - Devem ser feitas para determinar a profundidade apropriada, o espaçamento e a quantidade de carga para conseguir os efeitos desejados. Instalar inicialmente as cargas de prova com 0,60 m de profundidade e com 0,45 m de espaçamento para pequenos fossos, aumentando depois o valor da carga e a profundidade, de acordo com as necessidades. As dimensões médias de fossos utilizando várias cargas são mostradas mais adiante.

**c. Locação e nivelamento** - Demarcar o eixo do fosso, riscando o terreno ou empregando um trânsito, e perfurar as câmaras ao longo desse eixo. Quando for empregado o trânsito, o declive do fosso poderá ser cuidadosamente controlado pela verificação da profundidade de cada 5 ou 10 câmaras e em cada mudança de declive.

**d. Processos de detonação**

(1) Pela propagação - Neste processo, apresentado na Fig 2-17, empregar unicamente a dinamite; mesmo assim, o seu funcionamento só será garantido em terrenos úmidos, particularmente em pântanos contendo ou não tocos de árvores e onde o solo seja coberto por alguns centímetros de água. A câmara (ou câmaras) de uma das extremidades do fosso previsto é (são) escorvada (s) e a concussão de cada carga serve para fazer detonar a carga seguinte. Se for usada mais de uma linha de cargas a fim de obter a largura desejada para o fosso, uma dessas linhas deve ser escorvada. Reforçar a câmara-escorva com 225 g ou 450 g de dinamite.

(2) Processo elétrico - Qualquer alto explosivo pode ser usado na escavação de fossos pelo processo elétrico, o qual é de possível emprego em qualquer tipo de solo, independentemente do grau de umidade. Escorvar cada carga com uma espoleta elétrica e ligar as espoletas em série. Explodir todas as cargas simultaneamente.

Fig 2-20 Processo elétrico de detonação

**e. Processos de carregamento** - Os processos de carregamento que podem ser usados, a fim de serem obtidos os tamanhos e formas desejadas para o fosso, são os seguintes:

(1) Processo de carregamento para fossos estreitos e profundos

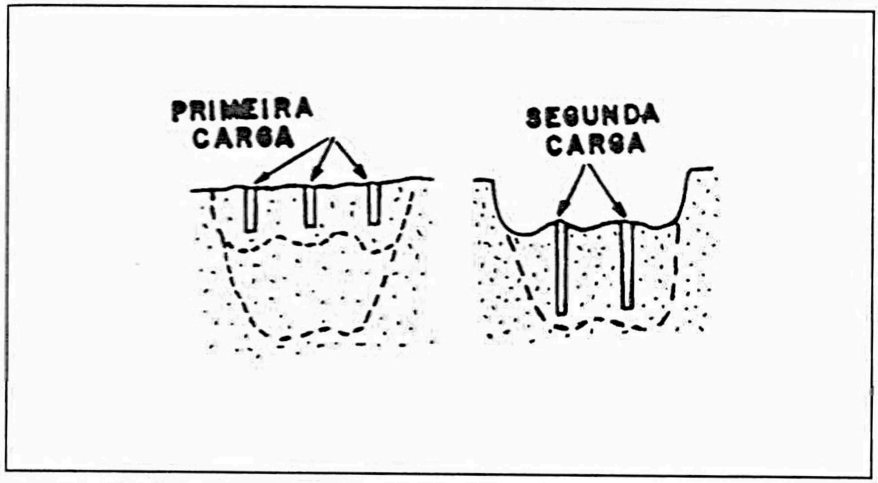



Fig 2-18. Processo de carregamento para fossos estreitos e fundos

(2) Processo de carregamento para fossos rasos - Acionar primeiramente as cargas Nr 1 e 3 para obter dois fossos extremos; em seguida, acionar as cargas Nr 2 para completar o fosso

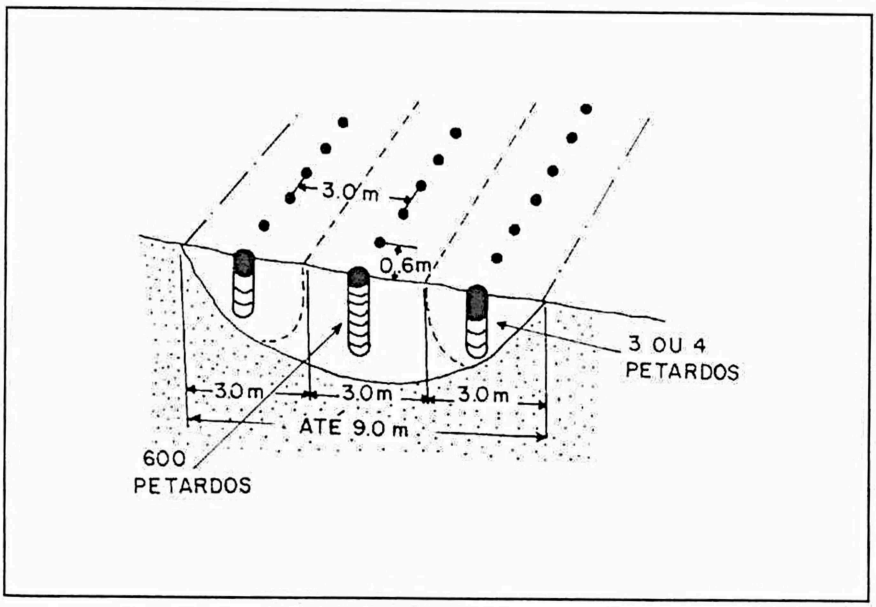



Fig 2-19. Processo de carregamento para fossos rasos

(3) Processo da câmara alargada para fossos rasos em terrenos pantanosos

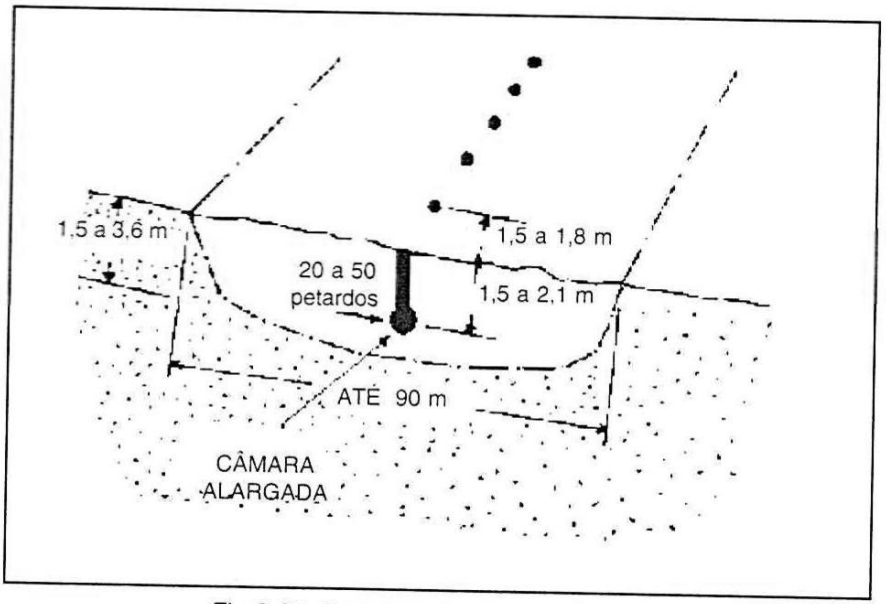



Fig 2-20. Processo de câmara alargada

(4) Processo das cargas transversais para limpar e alargar fossos

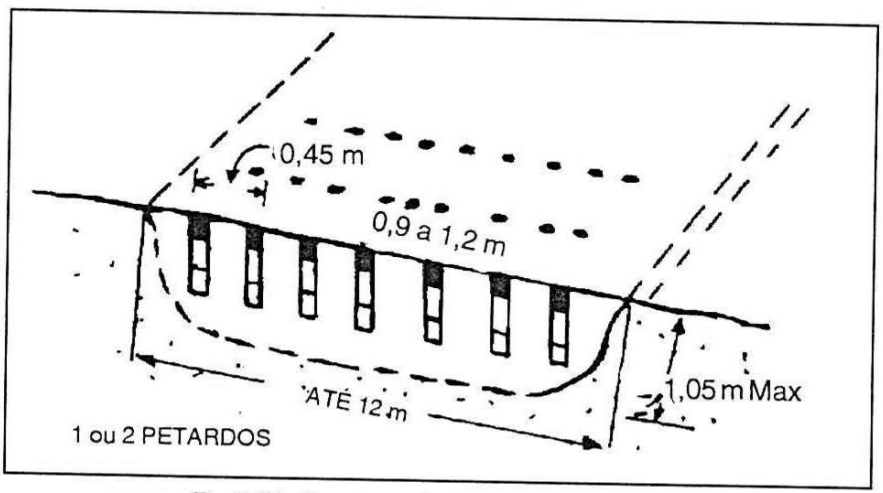



Fig 2-21. Processo das cargas transversais

## 2-14. PROCESSO PARA ABERTURA DE RAMPAS UTILIZANDO EXPLOSIVOS

**a. Nas margens dos rios ou valões**

| MÉTODO PARA CONSTRUÇÃO DE RAMPAS |
|---|
| 1. É empregada em taludes verticais inclinados ou em margens abruptas até 5 m de altura (H).<br>2. O explosivo utilizado é TNT na proporção de 12 kg/m de profundidade dos furos.<br>3. Logo após o acionamento, viaturas sobre lagartas poderão utilizar a rampa.<br>4. Rampas em degraus, cconsiderar a atura dos degraus separadamente, como talude distintos. |

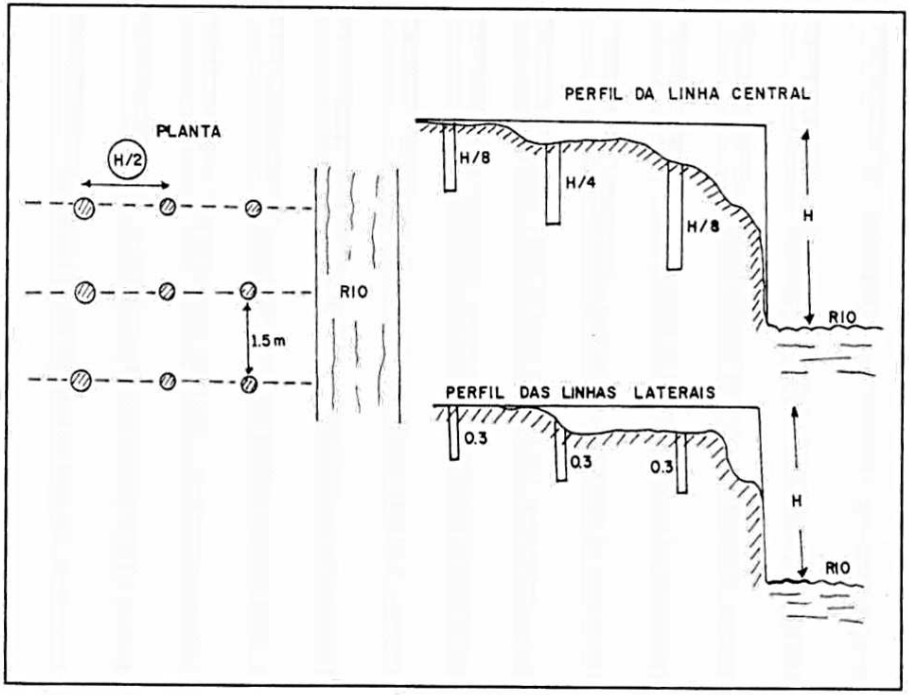



Fig 2-22. Processo para abertura de rampas

### b. Nos espaldões

| MÉTODO PARA CONSTRUÇÃO DE RAMPAS |
|---|
| 1. Possuir declive de 1por 4.<br>2. As câmaras aumentam a profundidade a medida que a rampa desce.<br>3. A parte superior da rampa é escavada com pá e picareta.<br>4. A porção além da altura de 1,2 m deve ser cavada inicialmente, pelo mesmo processo empregado na construção do espaldão. Posteriormente, será feita a rampa.<br>5. A construção deve ser feita conforme as dimensões da Fig 2-23. |

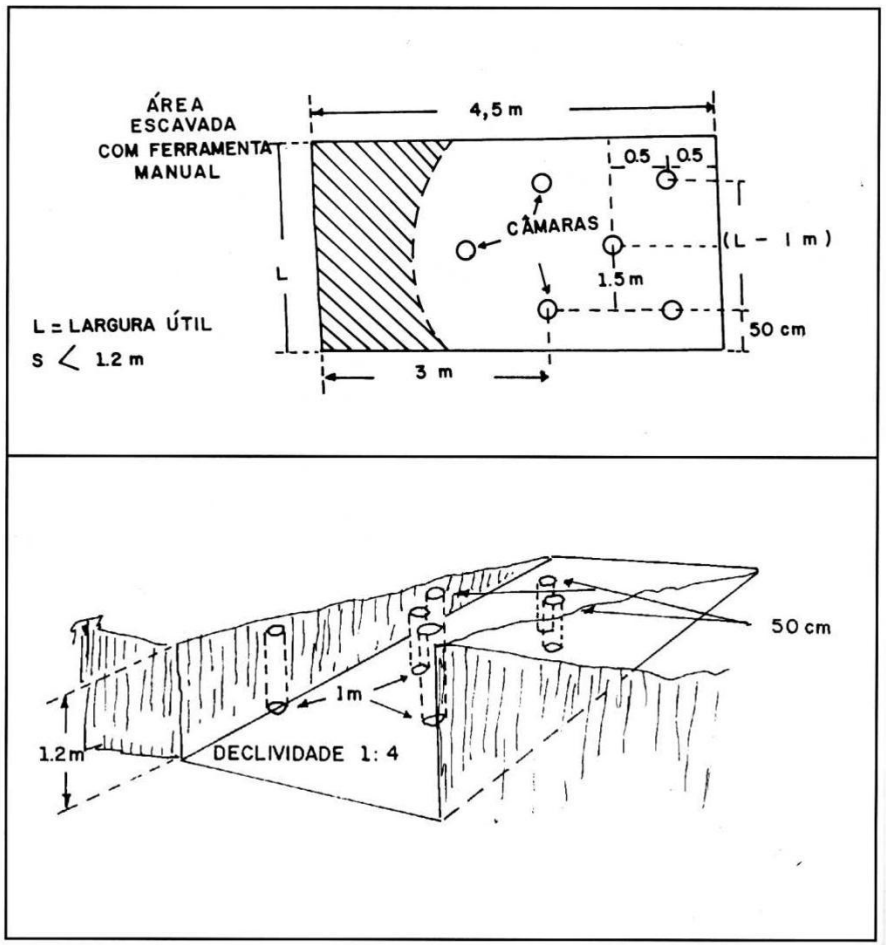



Fig 2-23. Construção de rampa em espaldões

## 2-15. CORTE DE ÁRVORES E ARRANCAMENTO DE TOCOS UTILIZANDO EXPLOSIVOS

| Diâmetro do tronco (medido 0,30 m acima do solo) (em cm) | Carga aproximada de TNT, em petardos de 250g | |
|---|---|---|
| | Árvore(ou toco) verde | Árvore(ou toco)seca(o) |
| 20 | 2 | 1 |
| 30 | 3 | 2 |
| 45 | 5 | 3 |
| 60 | 7 | 4 |
| 75 | 11 | 5 |
| 90 | 14 | 6 |

Tab 2-14. Quantidade necessária de TNT

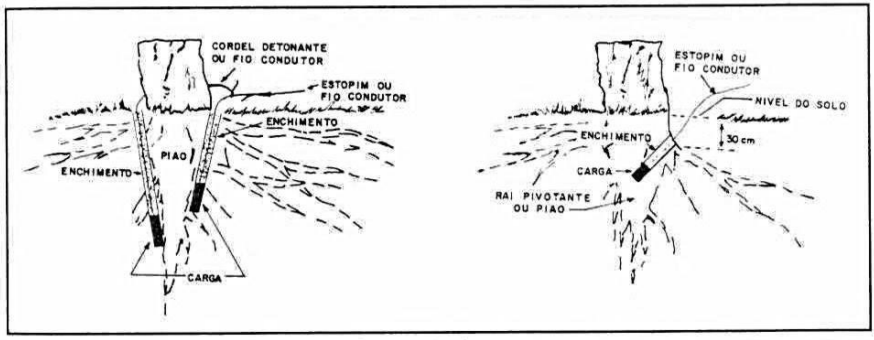



Fig 2-24. Corte de árvores e tocos

## 2-16. DESTRUIÇÃO DE MATACÕES

| Diâmetro do matação (em cm) | Pertados de TNT, de 250g | | |
|---|---|---|---|
| | Carga Interna | Cova de serpente | Capeamento de lama |
| 0.45 | 1/4 | 1 | 2 |
| 0.60 | 1/4 | 1 | 3 |
| 0.90 | 1/2 | 1 1/2 | 4 |
| 1.20 | 3/4 | 4 | 7 |
| 1.50 | 1 | 6 | 12 |

Tab 2-15. Quantidade necessária de TNT

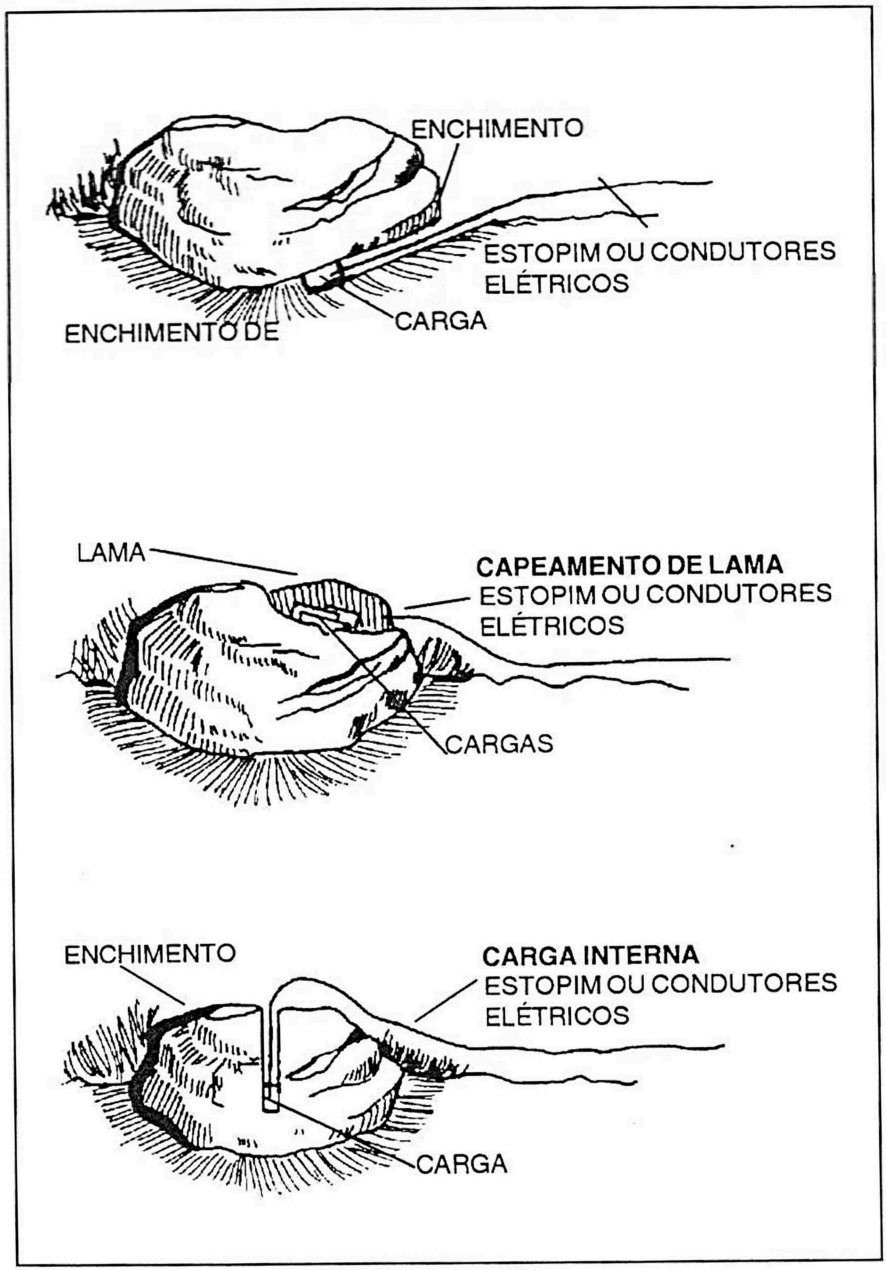



Fig 2-25. Destruição de matações

## 2-17. PROCESSO DE LANÇAMENTO DE FOGO E DETONAÇÃO

**a. Cuidados**

(1) Não escorvar nem ligar cargas, para lançamento de fogo elétrico, durante uma tormenta, menos que a situação o exija.

(2) Evitar a proximidade de linhas de alta tensão.

(3) Manter o circuito em SHUNT antes do acionamento.

| PROCESSO | | TIPO DE EXPLOSIVO | LOCAL DE ACIONAMENTO | TIPO DE ESCORVA | MÉTODO DE LANÇAMENTO |
|---|---|---|---|---|---|
| Pirotécnico | | Todos os tipos | Qualquer terreno seco ou úmido | Pirotécnica, através de espoleta comum e estopim | - |
| Propagação | | Dinamite | Terreno úmido, pântanos com ou sem tocos de árvores e o solo coberto por água | Somente 1 câmara é escorvada. Nesta, adicionar 225 g ou 450 g de dinamite | - |
| Elétrico em série | Comum | Todos os tipos | Terreno seco ou úmido | Através de espoleta elétrica | As espoletas são ligadas entre si de forma a sobrar 1 ponta do condutor da 1ª e 1 ponta do condutor da última Fig 2-26 |
| | Salto de rã | | Terreno seco ou úmido | Através de espoleta elétrica | As espoletas são ligadas alternadamente, ligando as ímpares na ida e as pares na volta. Fig 2-27 |
| Elétrico em paralelo ou série-paralelo | | | Terreno seco ou úmido | Através de espoleta elétrica. Usar o grupo gerador | Requer pessoal experimentado e cálculos cuidadosos. |
| Cordel detonante | | | Qualquer tipo de terreno, inclusive, submerso | Qualquer tipo de espoleta, porém a escorva da carga é com cordel detonante | Idêntico aos processos elétricos e pirotécnicos. Fig 2-28 |

Tab 2-20. Processos de lançamento de fogo e detonação

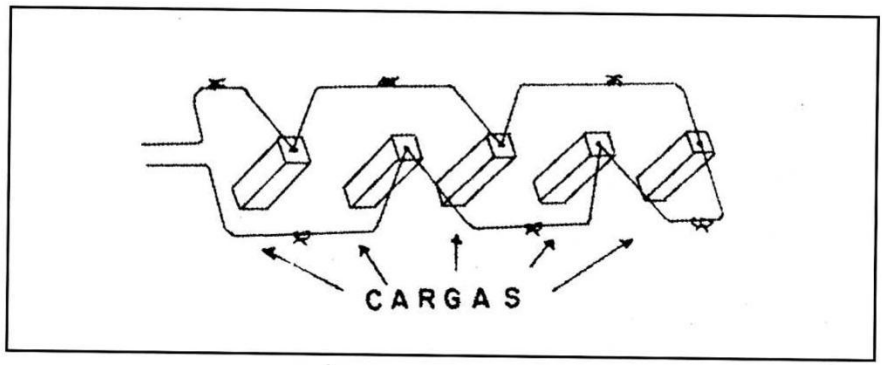



Fig 2-26. Circuito em série

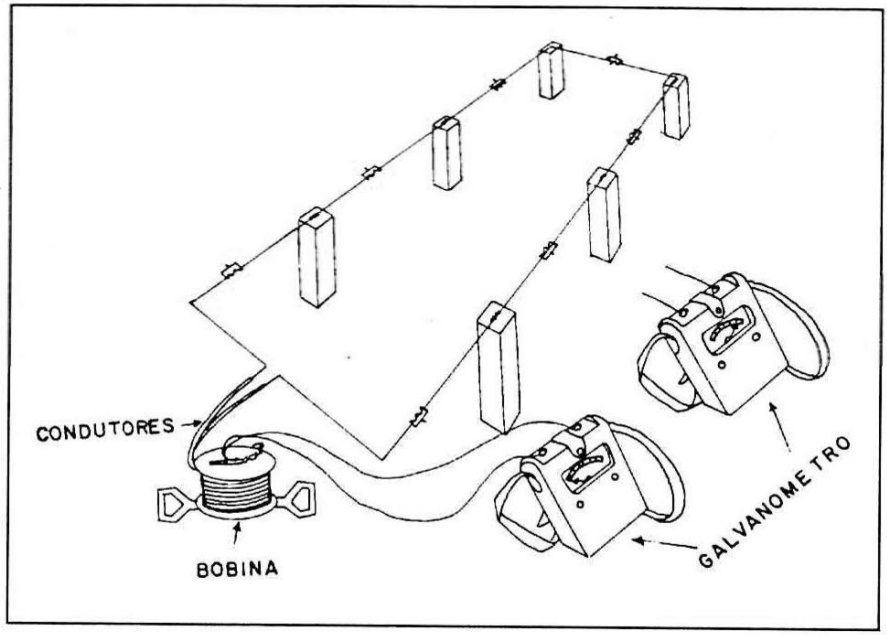



Fig 2-27. Circuito Salto de Rã

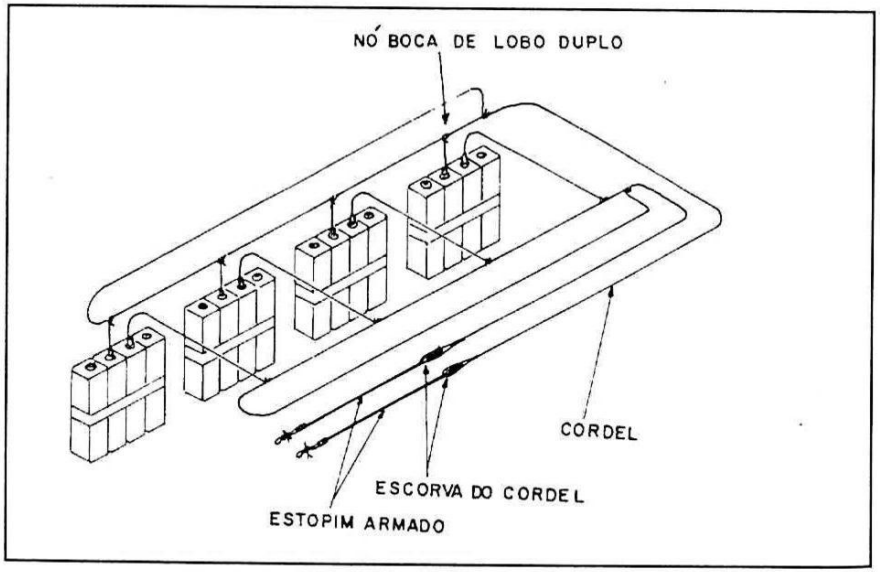



Fig 2-28. Acionamento com cordel detonante

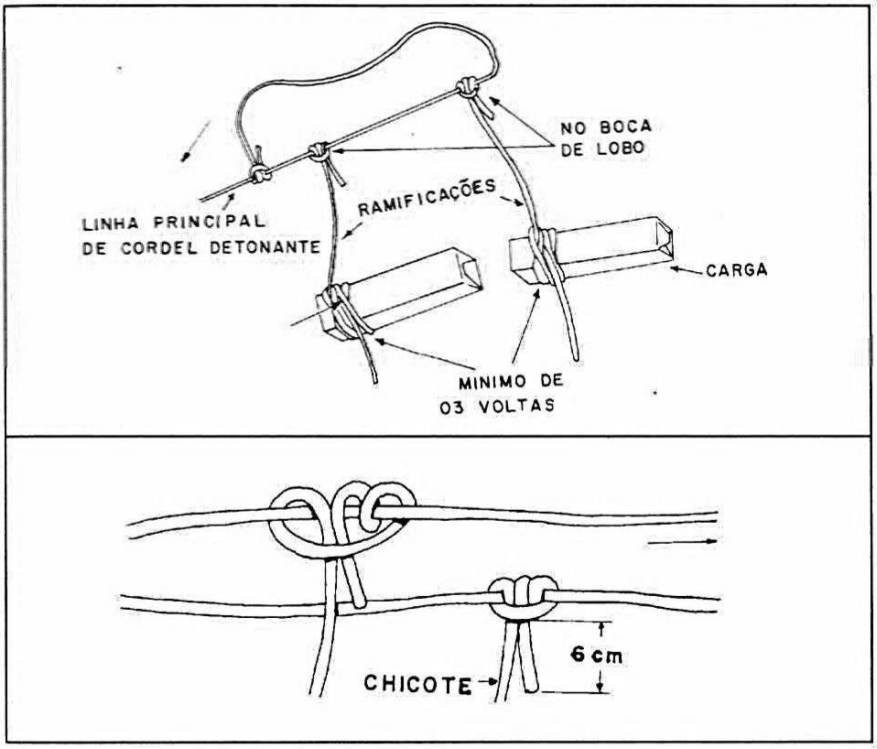



Fig 2-29. Acionamento com cordel detonante

## ARTIGO IV

## DESTRUIÇÃO DE MUNIÇÃO

2-18. DESTRUIÇÃO DE ENGENHOS FALHADOS

**a. Deverão ser destruídas munições e explosivos que são:**

| |
|---|
| Perigosas (Cat E) e deterioradas |
| Munições falhadas |
| Sem recuperação |

**b. Métodos de Destruição**

(1) Detonação
(2) Queima ou Combustão
(3) Imersão no mar

**OBSERVAÇÃO -** Proibido o enterramento ou lançamento de munições em poço, fosso, pântano, córrego ou terreno abandonado.

**c. Escolha do local de destruições**

(1) Afastamento de 750 m de armazéns, construções, edificações, estradas de rodagem e de ferro, paióis para fornilhos de 1,50 m de profundidade (distâncias mínimas).

(2) Escolher o local com antecedência.

(3) Construir trincheiras ou casamatas como proteção individual.

(4) Ventos entre 5 km/h e 32 km/h, temperatura acima de 12°C.

(5) Céu limpo, (direção dos ventos observar quando destruir munições e agentes químicos).

(6) Não repetir queimas no mesmo local em 24 horas, observar resíduos.

(7) Usar os acidentes do terreno.

(8) Local de destruição molhado após operações de destruição.

(9) Local limpo e sem vegetação num raio de 70 m.

**d. Tabela de Explosivos necessários para destruição**

| MATERIAL A DESTRUIR | QUANTIDADE DE EXPLOSIVO |
|---|---|
| Gr M, Gr Bc, Rj até 57 mm | 250 g |
| Mun de morteiro, até 88 mm | 500 g |
| 105 mm a 150 mm e 6.0" | 750g a 1000 g |
| 178 mm a 280 mm e 8.0" | 1250 g |
| 305 mm | 1500 g |
| **OBSERVAÇÃO**:<br>- Número máximo de granadas e detruir juntas: até 40 mm/20; até 90 mm/10; até 178 mm/5, acima de 178 mm/2.<br>- Não juntar petardos com diferença grande de peso, pode não haver iniciação do maior. | |

**e. Remoção de falhas**

(1) Esperar 30 min com pessoal abrigado.

(2) Remover enchimento e preparar nova escorva sem tocar na anterior (processo pirotécnico e elétrico).

(3) Reforçar os meios para evitar falhas.

(4) Não tocar, não remover (espoletado), nunca desmontar, destruir os engenhos no local.

# CAPÍTULO 3

# MINAS E ARMADILHAS

## ARTIGO I

## INTRODUÇÃO

### 3-1. TIPOS DE CAMPOS DE MINAS

Os campos de minas são classificados em cinco categorias, de acordo com sua função tática: de proteção local, de unidade, de barreira, de inquietação e simulado.

### 3-2. PLANEJAMENTO E LOCALIZAÇÃO

a. Ao planejar o lançamento de um campo de minas o Cmt deve considerar:

(1) conceito geral da operação;
(2) prováveis missões futuras;
(3) meios disponíveis;
(4) grau de treinamento do pessoal.

b. Na escolha do local para o lançamento de um campo deve-se levar em conta:

(1) natureza do inimigo (infantaria, mecanizado, etc);
(2) localização de outros obstáculos;
(3) vias de acesso favoráveis ao inimigo;
(4) terreno;
(5) possibilidade de expansão futura do campo;
(6) possibilidade de canalizar o ataque da força inimiga para áreas batidas pelo fogo emassado das armas amigas;

(7) possibilidade de lançamento de vários campos modelo padrão, em largura e profundidade de modo que a penetração dos primeiros campos seja contida pelos subsequentes;

(8) capacidade do inimigo em abrir brechas e inquietar ou interferir no lançamento de minas;

(9) disponibilidade em minas e restrições ao uso de certos tipos de minas;

(10) experiência da tropa e disponibilidade de material para o lançamento de minas.

## ARTIGO II

## LANÇAMENTO DE MINAS

### 3-3. CAMPO DE MINAS MODELO PADRÃO

a. O modelo padrão de um campo de minas é apresentado na Fig 3-1.

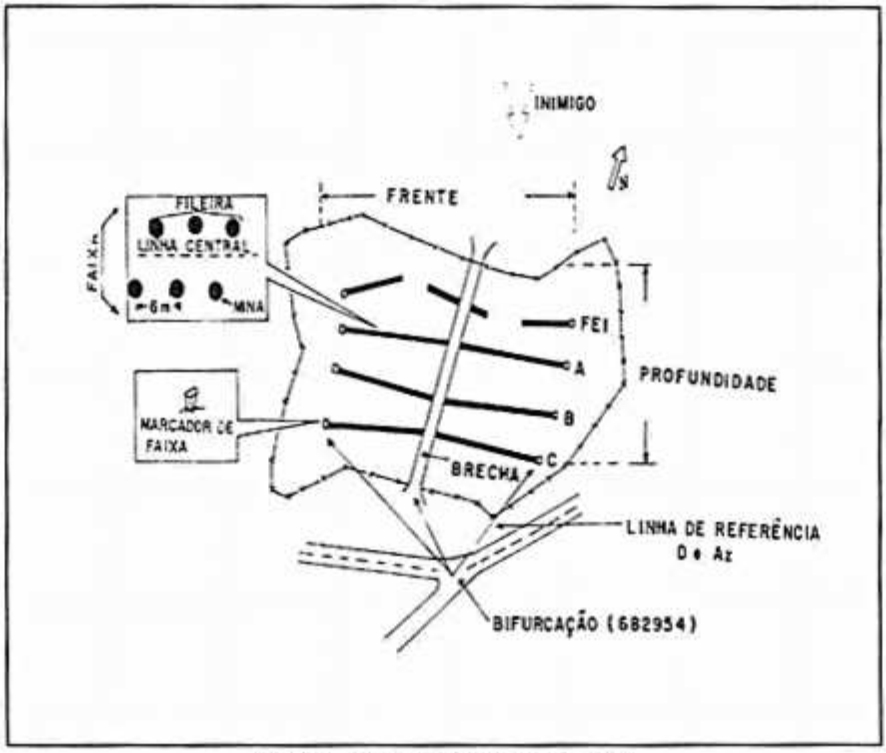



Fig 3-1. Campo de minas padrão

**b.** As Fig 3-2 e 3-3 apresentam detalhes da constituição de uma faixa de minas e de uma célula, respectivamente.

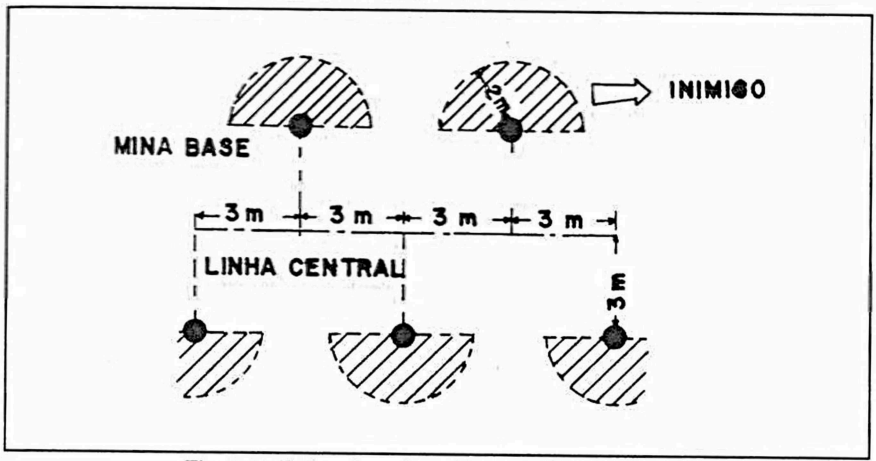



Fig 3-2. Faixa de minas (campo Mod padrão)

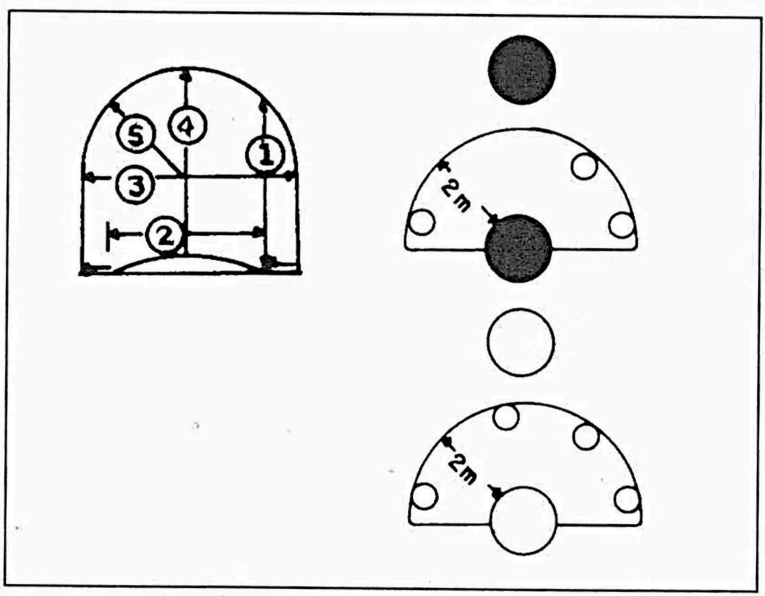



Fig 3-3. Constituição de células de minas

**c. Numeração de células** - As células são numeradas conforme a (Fig 3-4).

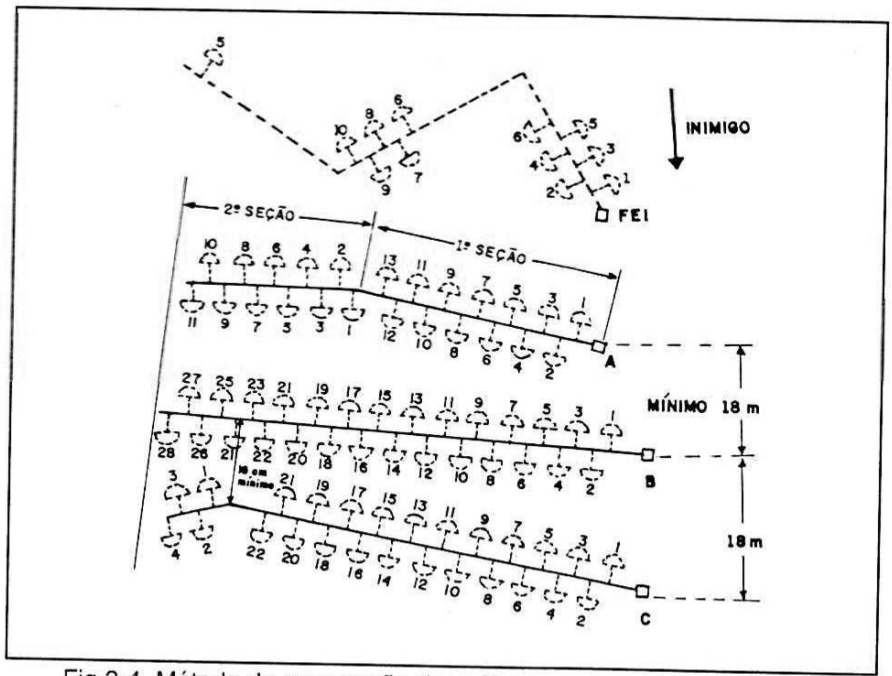



Fig 3-4. Método de numeração das células em uma faixa de minas

**d. Enterramento das minas** - As minas são enterradas por dois processos (Fig 3-5 e 3-6).

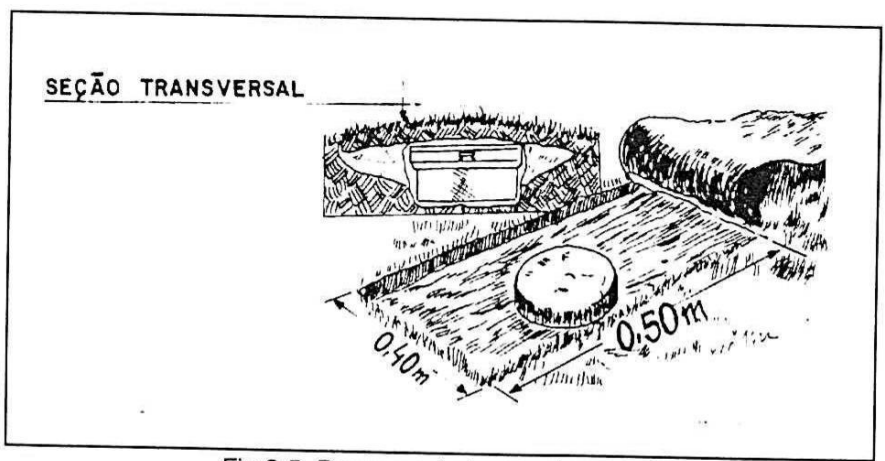



Fig 3-5. Processo do tapete de grama

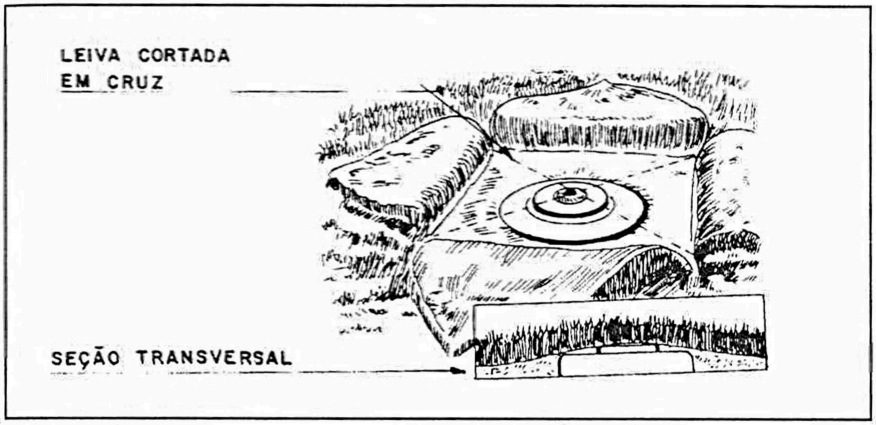



Fig 3-6. Processo das diagonais

**e. Arames de tropeço** - Minas com arame de tropeço, se lançadas, serão colocadas somente na fileira da frente de uma faixa, no máximo uma mina com arame de tropeço por célula, de 3 em 3 ou de 4 em 4 células. Os arames de tropeço não devem ficar virados para o lado da linha central da faixa e não devem ficar a menos de 2 m de uma célula próxima de uma faixa, ou de outro arame de tropeço. Quando são usados arames de tropeço, devem ser lançadas linhas de segurança (cadarços); os arames de tropeço não devem tocar nem ultrapassar as linhas de segurança (Fig 3-7).

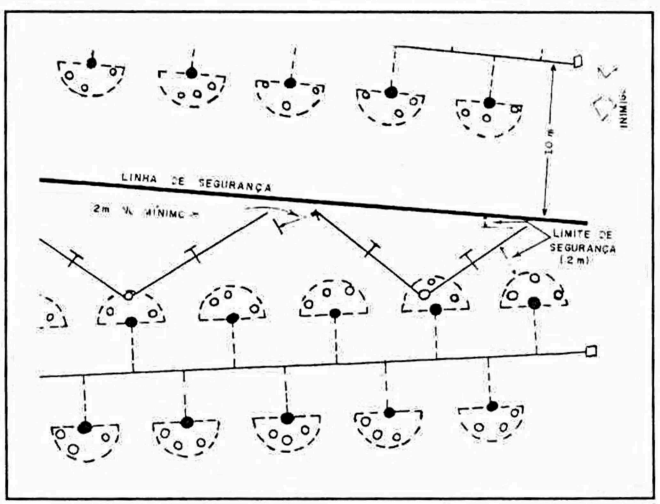



Fig 3-7. Minas AP com arame de tropeço

**f. Composição** - O modelo padrão de um campo de minas tem um mínimo de três faixas regulares e a Faixa Exterior Irregular (FEI). Quando houver mudança na direção de uma faixa, a última célula antes e a primeira depois do ponto de inflexão devem estar, no mínimo, a três metros do ponto de inflexão e em lados opostos da linha central (Fig 3-4).

**g. Organização do pelotão de lançamento** - Conforme Tab 3-1.

| PESSOAL | OFICIAL | GRADUADOS | SOLDADO | MATERIAL |
|---|---|---|---|---|
| Pessoal de Supervisão | 1 | 1 | - | Oficial: carta, bússola, caderneta e formulário de registro de campo. Graduado: carta, bússola e caderneta. |
| Turma de Locação | - | 1 | 3 | Estacas ou postes, maços, martelos, cadarços em bobinas e pregos para prender cadarço. |
| Turma de Marcação | - | 1 | 2 | Arame farpado em bobinas, sinais de marcação, indicadores de brecha, alicates, luvas, marços e estacas. |
| Turma de Registro | - | 1 | 2 | Equipamento de levantamento topográfico, bússola, fórmulas de registro de campo e carta. |
| 1ª Turma de Lançamento | - | 1 | 6 a 8 | Caderneta para o cabo, picaretas, pás e sacos de aniagem. |
| 2ª e 3ª Turmas de Lançamento | O mesmo da 1ª Turma | | | |
| Totais | 1 | 7 | 25 a 31 | - |
| **OBSERVAÇÃO:**<br>- Esta organização é flexível<br>- Base para planejamento: um homem lança em uma hora cinco minas AC ou quatro minas AP | | | | |

Tab 3-1. Organização e equipamento do pelotão para o lançamento do campo de minas

**h. Seqüência para o lançamento** - A seqüência apresentada pelas figuras 3-8 a 3-12 é dada somente como um guia e pode não ser adaptável a

todas as situações. As figuras mostram um exemplo de lançamento de campo de minas, por um pelotão experimentado, fora do contato com o inimigo.

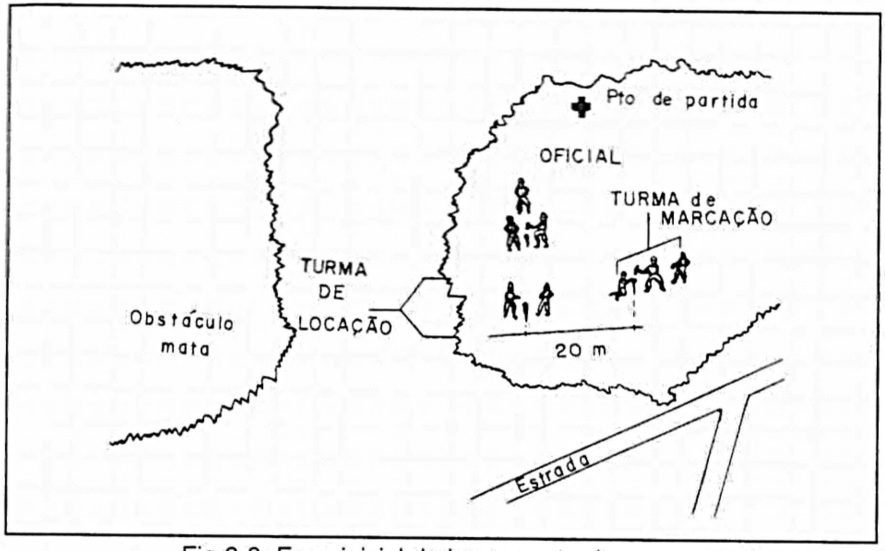



Fig 3-8. Fase inicial do lançamento do campo

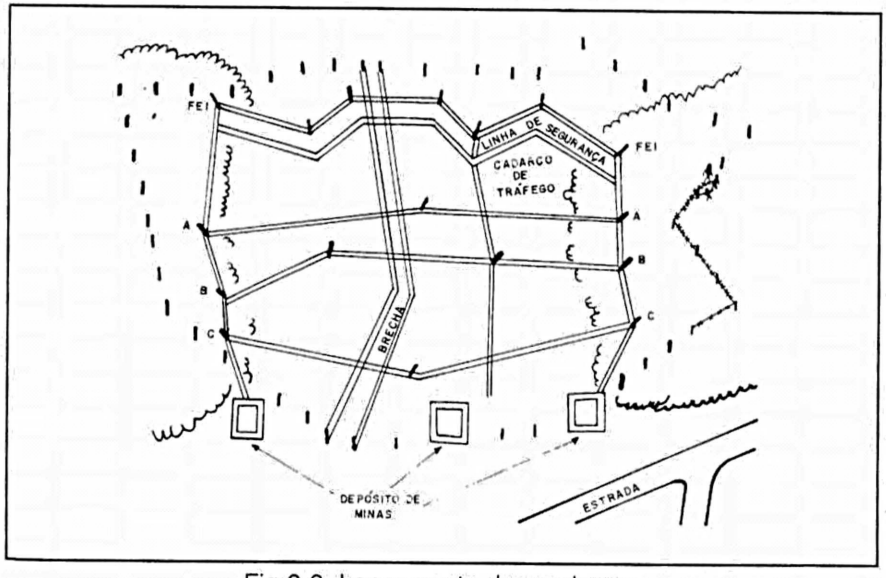



Fig 3-9. Lançamento dos cadarços

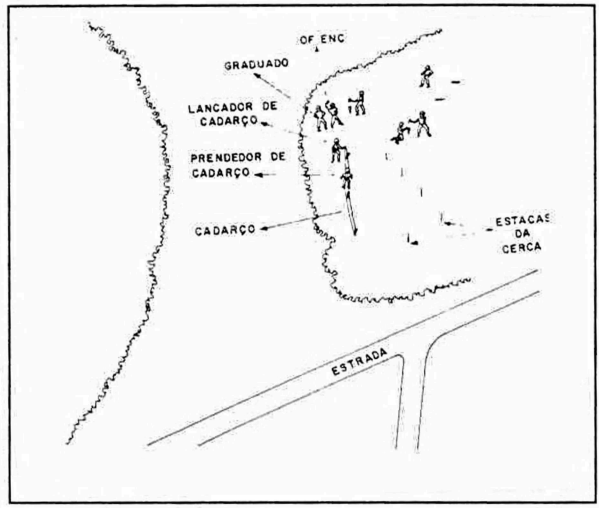



Fig 3-10. Estacas do limite direito das faixas de minas

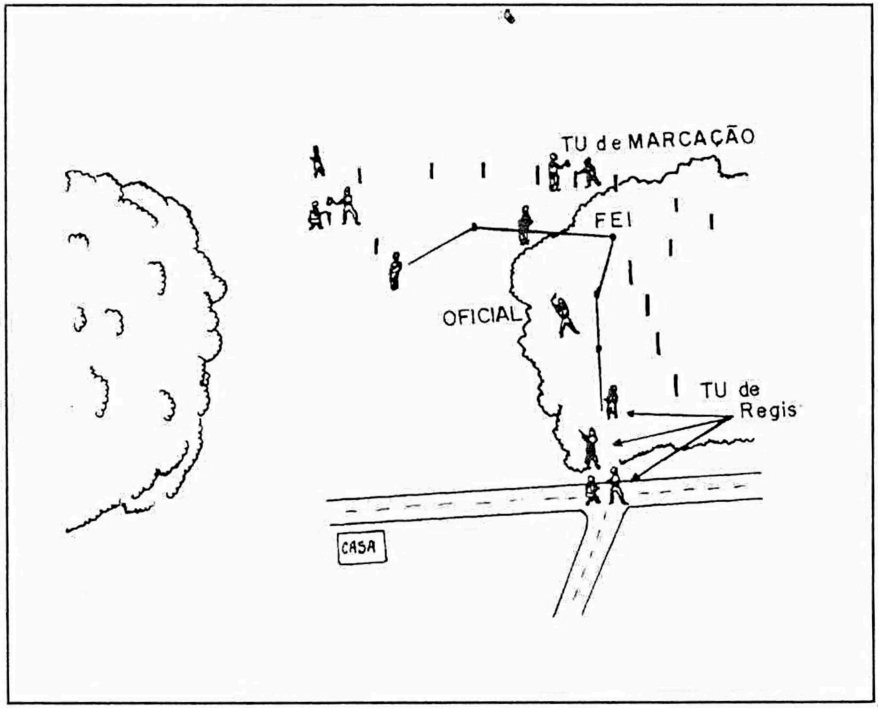



Fig 3-11. Lançamento da FEI

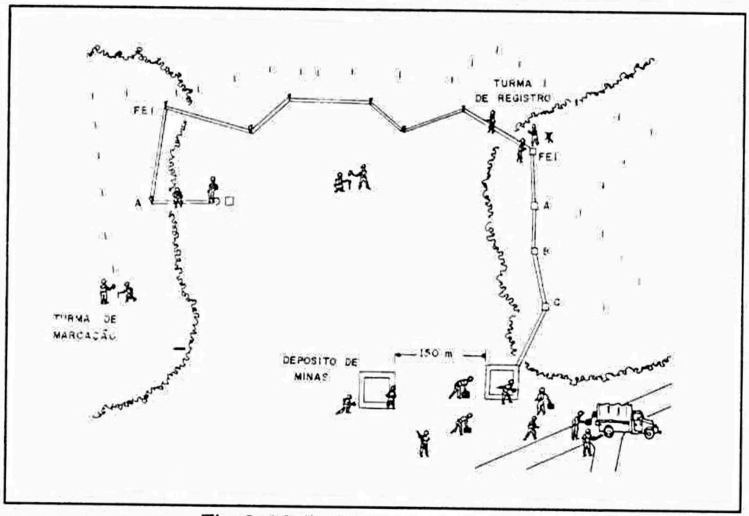



Fig 3-12. Lançamento da FEI

## 3-4. DEMARCAÇÃO DOS CAMPOS DE MINAS

**a. Campos de minas em área da retaguarda** - São completamente envolvidos por uma cerca, conforme as fig 3-13 e 3-14. A área não deverá seguir os limites exatos do campo.

**b. Campos de minas situados em áreas avançadas -** Estes campos são marcados como é previsto no subparágrafo anterior, com as seguintes alterações:

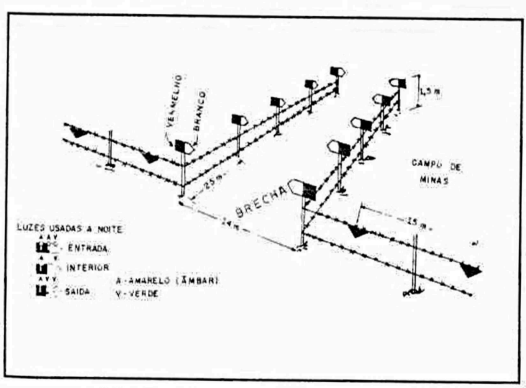



Fig 3-13. Cerca e marcação de um campo de minas

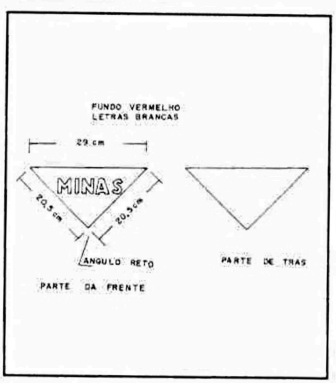



Fig 3-14. Sinais de marcação do campo

(1) são cercados, algumas vezes, apenas no lado amigo (interno) ou, algumas vezes, no lado amigo e nos flancos, se for necessário proteger tropas amigas;

(2) as brechas são marcadas sem obedecer a método padrão (Fig 3-13) para não indicar sua localização ao inimigo. Os métodos sugeridos de marcação de brechas incluem a colocação de arame, cadarço ou objetos, próximos um dos outros, no chão, de cada lado da brecha, com a entrada da brecha facilmente identificável por nossas tropas. Outro método consiste em usar dispositivos infravermelhos ou fosforecentes.

## 3-5. PASSAGENS ATRAVÉS DE CAMPO DE MINAS

**a. Trilha** - É um caminho livre para a passagem de tropas a pé, em coluna, tendo, normalmente, 1,20 m de largura.

**b. Brecha** - É um caminho livre através do campo de minas (Fig 3-1), destinado à passagem de tropa a pé, motorizada ou blindada. Uma brecha simples tem, normalmente, sete metros de largura e uma brecha dupla tem quatorze metros (Fig 3-13).

**c. Passagem Tática** - Porção do campo na qual não foram lançadas minas. O objetivo de uma passagem tática é possibilitar às forças amigas passarem em formação tática. As passagens não deverão ter menos que cem metros de largura.

## 3-6. DENSIDADE

**a.** Aumenta-se a densidade de um campo de minas AC aumentando-se o número de faixas regulares.

**b.** Aumentando-se o número de minas AP, em cada célula, aumenta-se a densidade dos campos AP ou mistos (AC/AP).

**c.** Densidade mínima de um campo de minas ATIVO: 1 - 1 - 1.

**d.** Densidade ideal de um campo de minas ATIVO: 2 - 4 - 8.

**e.** Densidade de campo de minas

(1) De proteção local: variável

(2) De unidade: 1-2-3, 2-4-8, 3-4-8.

(3) De barreira: 3-4-8.

(4) De inquietação: variável.

(5) Simulado: simular densidade idêntica ao campo de minas real, conforme o caso.

3-7. PROFUNDIDADE

Estima-se a profundidade, multiplicando-se a densidade de minas AC por 100 metros.

3-8. MINAS ATIVADAS

**a. Campo de minas de unidade** - 5% das minas AC.

**b. Campo de minas de barreira** - 20% das minas AC.

3-9. RENDIMENTO E CONSUMO

| TIPO | DENSIDADE | TRAÇADO MÉDIO (metros) | QUANTIDADE DE MINAS | | | RENDIMENTO Pel h | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | AC | AP (F) | AP (E) | I | II |
| C MISTO PADRÃO | 1 - 1 - 1 | 500<br>200<br>100<br>50 | 612<br>244<br>122<br>61 | 612<br>244<br>122<br>61 | 612<br>244<br>122<br>61 | 16,2<br>6,4<br>3,2<br>1,6 | 11,0<br>4,4<br>2,2<br>1,1 |
| | 1 - 2 - 3 | 500<br>200<br>100<br>50 | 612<br>244<br>122<br>61 | 1222<br>488<br>244<br>122 | 1834<br>736<br>368<br>184 | 34,0<br>13,6<br>6,8<br>3,4 | 23,3<br>9,2<br>4,6<br>2,3 |
| | 1 - 4 - 8 | 500<br>200<br>100<br>50 | 612<br>244<br>122<br>61 | 2444<br>976<br>488<br>244 | 4888<br>1952<br>976<br>488 | 77,3<br>30,8<br>15,4<br>7,7 | 51,8<br>20,8<br>10,4<br>5,2 |
| | 2 - 4 - 8 | 800<br>500<br>300<br>200<br>100 | 1952<br>1222<br>734<br>488<br>244 | 3912<br>2444<br>1468<br>976<br>488 | 7824<br>4888<br>2936<br>1952<br>976 | 130,3<br>81,3<br>48,8<br>32,4<br>16,2 | 87,9<br>54,9<br>32,9<br>21,9<br>11,0 |
| | 3 - 4 - 8 | 1000<br>700<br>400<br>100<br>50 | 3665<br>2566<br>1464<br>366<br>183 | 4888<br>3422<br>1952<br>488<br>244 | 9776<br>6844<br>3912<br>976<br>488 | 171,0<br>119,7<br>68,3<br>17,1<br>8,5 | 116,0<br>81,2<br>46,4<br>11,5<br>5,7 |

**OBSERVAÇÕES**:
1) Para fins de planejamento tomar I.
2) Tratando-se de tropa experimentada tomar II.
3) Havendo dificuldade em tempo e suprimento, lançar campo de minas 1-2-3, ampliando, posteriormente, para 1-4-8 ou, ainda, 3-4-8.

Tab 3-2. Rendimento de pessoal e consumo de minas

## 3-10. LANÇAMENTO DE MINAS EM PASSAGENS A VAU

**a. Cursos de água com profundidade maior que 0,60 m** - Conforme Fig 3-15.

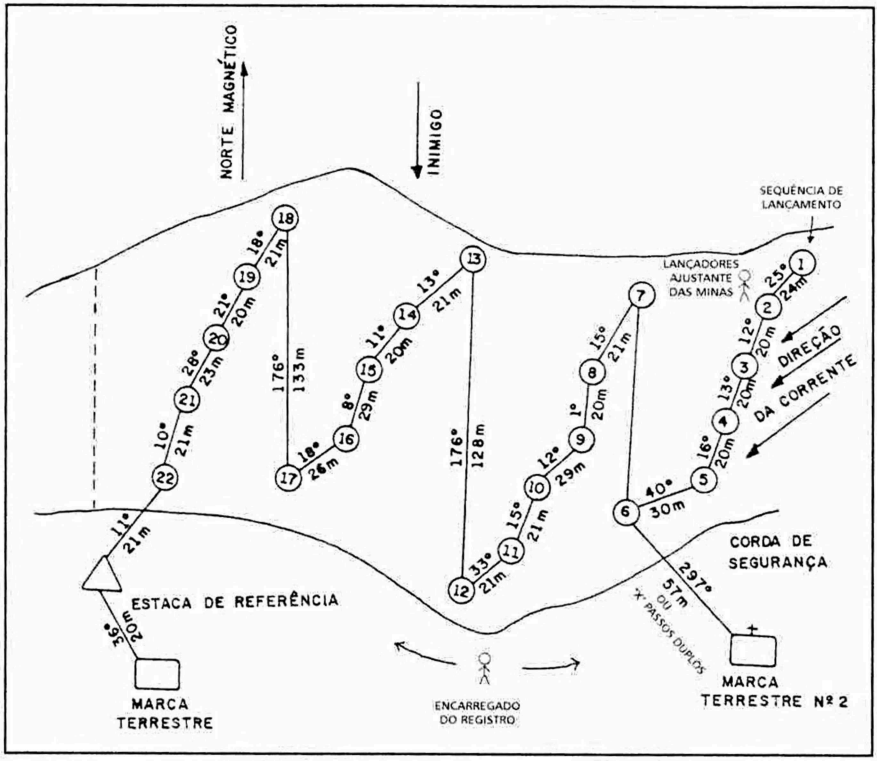



Fig 3-15. Minas lançadas em uma passagem a vau (profundidade maior que 0,60 m)

**b. Cursos de água com profundidade menor que 0,60 m** - Conforme Fig 3-16.

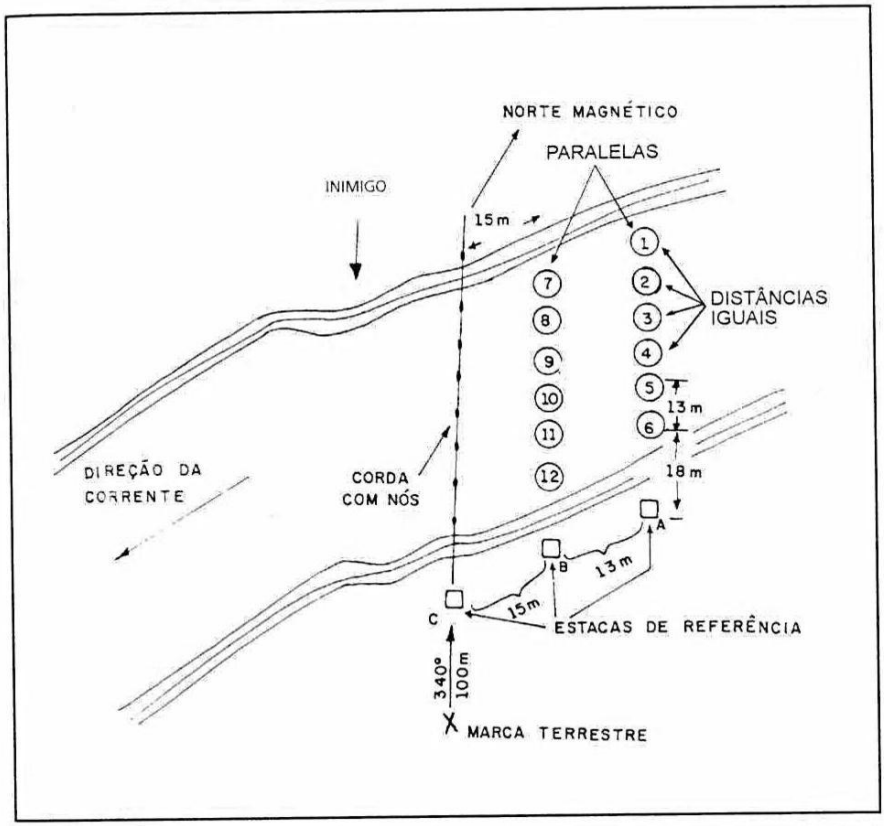



Fig 3-16. Minas lançadas em uma passagema vau (profundidade menor que 0,60 m)

## ARTIGO III

## RELATÓRIOS E REGISTROS

### 3-11. RELATÓRIOS

**a.** Informação ou relatório sobre campo de minas é qualquer mensagem ou comunicação oficial, normalmente verbal, sobre as atividades de minas, amigas ou inimigas. Todas as informações e relatórios sobre campos de minas amigas são classificados como "SECRETO" e devem ser transmitidos, se necessário, por meio de comunicação compatível com sua classificação.

**b. Tipos de informação e relatórios**

| TIPO DE RELATÓRIO | CARACTERÍSTICAS |
|---|---|
| Informação sobre intenção de lançar | Esta informação é feita por qualquer comandante que tenha autoridade para ordenar o lançamento de um campo de minas e dirigida ao comando imediatamente superior. Pode ser feita por telefone, por uma mensagem rádio codificada ou por mensageiro. Deverá conter as seguintes informações:<br>- localização e extensão do campo de minas;<br>- estimativa do tempo para o término do lançamento;<br>- número e tipo de minas que serão lançadas;<br>- objetivo tático do campo;<br>- localização geral das brechas e passagens, se houver. |
| Informação sobre início de lançamento | Quando o comandante da unidade lançadora inicia o lançamento do campo de minas, ele informa ao comando imediatamente superior e difunde essa informação, no mínimo até o comando que autorizou o lançamento do campo. |
| Relatório de término de lançamento | Após a conclusão do campo, o comandante da tropa lançadora informa ao comando imediatamente superior a data e a hora em que o campo foi concluído, o número e os tipos de minas lançadas, a localização das brechas e passagens e o modelo de lançamento. Esse relatório é enviado até o escalão Exército, exceto para os campos de minas de proteção local, que não são remetidos, normalmente, para escalões superiores à Divisão. O relatório de término de lançamento é, normalmente, seguido de um registro escrito do campo. |
| Relatório sobre o andamento dos trabalhos | São relatórios feitos pelo comandante de tropa lançadora do campo de minas, para manter os comandos superiores informados da quantidade de trabalho já realizado e de quanto falta ser feito. |
| Relatório de transferência | É um relatório escrito com o qual é transferida a responsabilidade de um campo de minas para o comandante da unidade substituta. Deve ser assinado pelos comandantes das duas unidades e deve conter uma declaração de que o comandante da unidade substituta foi informado de tudo sobre as minas, dentro da área sob seu comando, e que ele assume inteira responsabilidade sobre tais minas. O relatório é enviado ao comandante do Escalão Superior que tenha ação de comando sobre as duas unidades. |
| Relatório de alteração | Toda vez que qualquer alteração é feita em um campo de minas, um novo relatório deve ser feito ao comando imediatamente superior e difundido a todos os comandos que mantenham controle sobre os campos de minas em questão. |
| Relatório sobre campo de minas inimigo | Qualquer conhecimento ou suspeita da existência de um campo de minas inimigo deve ser relatado, sem demora, ao escalão superior. Esse relatório deverá ser preparado para facilitar sua transmissão por um meio de comunicação elétrico. Esse relatório é, normalmente, seguido de um registro escrito ou de um reconhecimento detalhado da área minada, conforme seja determinado pelo comando superior. |

Tab 3-3. Tipos de Informação e Relatórios

## 3-12. REGISTRO DE CAMPOS DE MINAS

| TIPO DE REGISTRO | CARACTERÍSTICAS |
|---|---|
| Campo de Minas modelo padrão | A fórmula padrão para registros dos campos de minas é uma folha impressa, na qual a metade superior é destinada aos dados tabulares e a metade inferior, a um croqui (em escala) do campo. No verso estão impressas instruções para o preenchimento da fórmula padrão e um memento para cálculo da necessidade de minas a requisitar para o campo. O comprimento máximo do campo que pode ser registrado em uma fórmula é de 600 metros. O registro deve receber a classificação de SECRETO. O preenchimento da fórmula padrão de registro é da responsabilidade do oficial comandante da tropa lançadora. Este deve assiná-lo e remetê-lo o mais cedo possível, ao comandante imediatamente superior (Fig 3-17). |
| Campo de Minas de inquietação | A fórmula padrão é, também, usada para registrar os campos de minas de inquietação. A forma de registro difere da usada para os campos de minas modelo padrão, conforme mostra a figura 3-18. Esses campos são designados por LETRAS MAIÚSCULAS, seguidamente, começando pelo campo mais próximo do inimigo, e todos os que forem registrados em uma mesma fórmula recebem o mesmo número. Para cada campo de inquietação (designado por letras), o número e os tipos das minas lançadas e o total de minas ativadas são escriturados no quadro de faixas de minas, correspondendo cada faixa a um campo de minas de inquietação. |
| Minas lançadas em uma passagem a vau | A figura 3-19 apresenta detalhes desse registro. |
| Campo de Minas inimigo | A fórmula padrão é também usada nesse caso. Deve ser marcado na parte superior com as palavras "CAMPO DE MINAS INIMIGO" . O registro deve conter, se obtidas, além das informações enunciadas nos itens anteriores, mais uma descrição completa de todas as marcações e um croqui ou calco mostrando a localização geral do campo numa carta de referência. |

Tab 3-4. Tipos de Registros

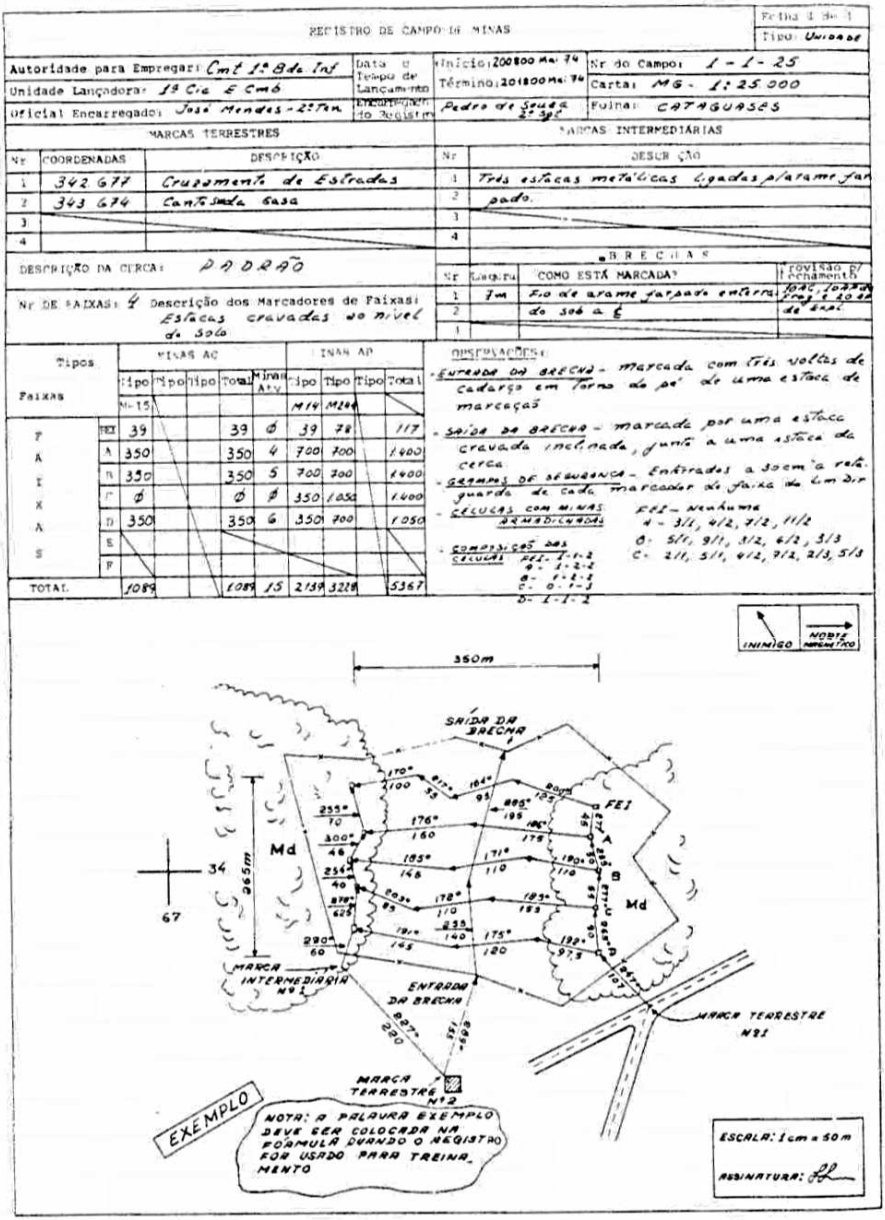



Fig 3-17. Padrão de registro de campos de minas (padrão)

REGISTRO DE CAMPOS DE MINAS

Folha 1 de 1

Tipo: Inquietação

| | | | |
|---|---|---|---|
| Autoridade para Empregar: Cmt I Ex Cmp | Data e Tempo de Lançamento | Início: 130645 Mai 74 | Nr do Campo: 1 - 8 - 15 |
| Unidade Lançadora: 1º/8º BE Cmb | | Término: 131650 Mai 74 | Carta: MINAS GERAIS - 1:25.000 |
| Oficial Encarregado: Paulo César - 2º Ten | Encarregado do Registro | JURANDIR CAMPOS 2º Sgt | Folha: CATAGUASES |

MARCAS TERRESTRES

| Nr | COORDENADAS | DESCRIÇÃO |
|---|---|---|
| 1 | | |
| 1 | | |
| 1 | | |
| 1 | | |

MARCAS INTERMEDIÁRIAS

| Nr | DESCRIÇÃO |
|---|---|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |

DESCRIÇÃO DA CERCA:

Nr DE FAIXAS: — Descrição dos Marcadores de Faixas

BRECHAS

| Nr | Largura COMO ESTÁ MARCADA | Provisão p/ Fechamento |
|---|---|---|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |

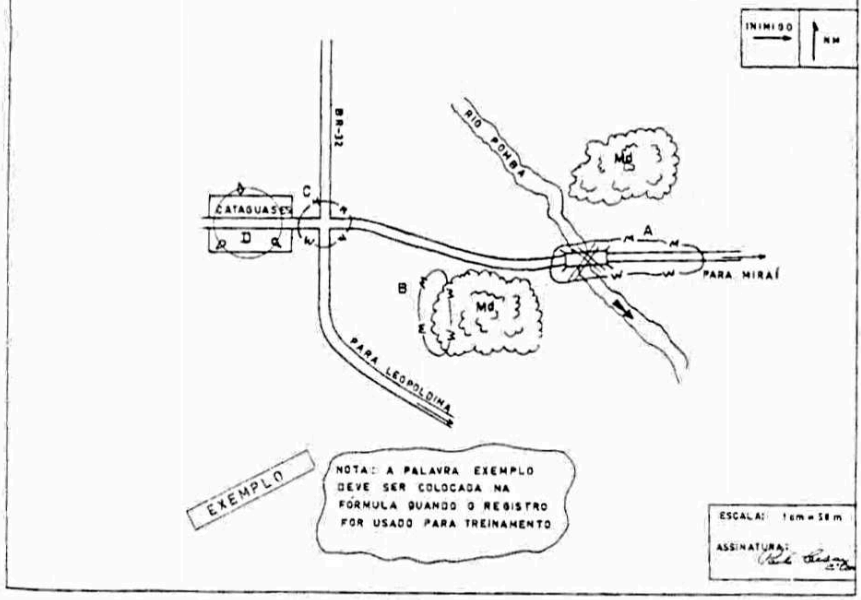
| Tipos / Faixas | | MINAS AC Tipo M-15 | MINAS AC Tipo M-7 | MINAS AC Tipo | MINAS AC Total | MINAS AC Minas Alv | MINAS AP Tipo M-14 | MINAS AP Tipo M2-A4 | MINAS AP Tipo | MINAS AP Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FAIXAS | FEI | | | | | | | | | |
| | A | 214 | | | 214 | 42 | 147 | 27 | | 174 |
| | B | | 53 | | 53 | | 192 | 218 | | 410 |
| | C | 48 | | | 48 | 22 | 180 | | | 180 |
| | D | | | | | | | | | |
| | E | | | | | | | | | |
| | F | | | | | | | | | |
| TOTAL | | 268 | 53 | | 315 | 64 | 319 | 245 | | 764 |

OBSERVAÇÕES:

- Todas as marcações temporárias foram removidas a 131830.
- O Prefeito de CATAGUASES foi avisado que a área leste da cidade está interditada para os civis.
- MINAS ATIVADAS: Grupo A: 22 com acionador de descompressão, 20 com acionador de tração. Grupo C: 15 c/acionador de descompressão, 7 com acionador de tração.

ARMADILHAS

Grupo D: 1) Carga de 1 Kg TNT, em baixo do assoalho, no centro do hall da Prefeitura, a ser acionada p/interruptor de luz da entrada principal.
2) Carga de 1,5 Kg de TNT colocada sobre a viga da porta de entrada da Prefeitura.




SECRETO (Quando preenchido)

Fig 3-18. Padrão para registro de campos de minas (inquietação)

REGISTRO DE CAMPO DE MINAS

Folha 1 de 1

Tipo: Inquietação

| | | | |
|---|---|---|---|
| Autoridade para Empregar: Cmt 8ª DE | Data e Tempo de Lançamento | Início: 190900 Mai 74 | Nr do Campo: 2-8-5 |
| Unidade Lançadora: 2ª/8ª BE Cmb | | Término: 191400 Mai 74 | Carta: SÃO PAULO - 1:50 000 |
| Oficial Encarregado: CARLOS ALBERTO - 2º Ten | Encarregado do Registro | ANTONIO JOÃO - 2º Sgt | Folha: CARDOSO |

MARCAS TERRESTRES

| Nr | COORDENADAS | DESCRIÇÃO |
|---|---|---|
| 1 | 05557285 | CANTO NW DA CASA |
| 2 | 03727286 | CANTO NW DA CASA |
| 3 | | |
| 4 | | |

MARCAS INTERMEDIÁRIAS (ESTACAS DE REFERÊNCIA)

| Nr | DESCRIÇÃO |
|---|---|
| 1 | Três estacas de madeira ligadas por arame, par- |
| 2 | pado |
| 3 | |
| 4 | |

DESCRIÇÃO DA CERCA:

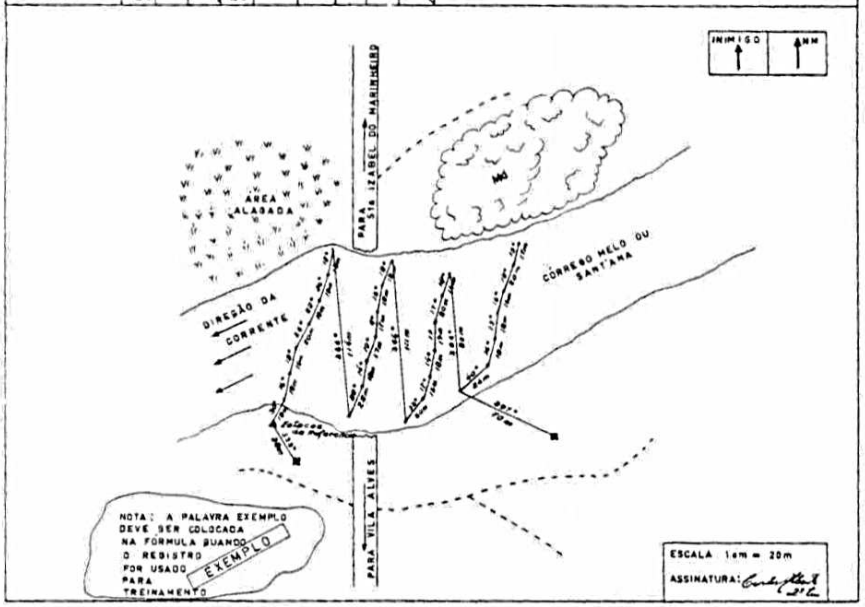
Nr DE FILEIRAS 4 Descrição dos marcadores de Faixas:

| Nr | Largura | COMO ESTÁ MARCADA? | Provisão p/ Fechamento |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |

| MÉTODO DE LANÇAMENTO E TIPOS DE MINAS LANÇADAS | | MINAS AC | | | | | MINAS A P | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Tipo | Tipo | Tipo | Total | Minas Atv | Tipo | Tipo | Tipo | Total |
| | | M-15 | | | | | | | | |
| MÓD. PADRÃO, LANÇ. ESPARSO, LANÇ. DELIBERADO S/SUPERFÍCIE, EM FAIXAS MANUAL, MINUTE, PROCESSO MECÂNICO, EM FAIXAS, GRUPADAS, SUBMERSAS, EM FILEIRAS. | FEI | | | | | | | | | |
| | A | 7 | | | 7 | | | | | |
| | B | 7 | | | 7 | | | | | |
| | C | 7 | | | 7 | | | | | |
| | D | 7 | | | 7 | | | | | |
| | E | | | | | | | | | |
| | F | | | | | | | | | |
| TOTAL | | 28 | | | 28 | | | | | |

OBSERVAÇÕES:

1. Todas as minas estão presas a estacas
2. Todas as minas são à prova d'água
3. Todas as seguranças estão enterradas a 30cm ao sul de cada estaca de referência
4. A profundidade média do curso d'água é de um metro




SECRETO (Quando preenchido)

Fig 3-19. Padrão de registro de campos de minas (inquietação-submerso)

## CÁLCULO PARA A REQUISIÇÃO DE MINAS E COMPOSIÇÃO DAS FAIXAS REGULARES

1. São necessários três dados para o cálculo: Traçado médio do campo; densidade desejada e composição das células da FEI.

2. De posse desses dados, iniciar o cálculo, seguindo a ordem apresentada no exemplo.
   Ex. Traçado médio = 350 m
   Densidade = 1-2-3
   Composição das células da FEI= 1-1-2

3. Nº de células da FEI
   A FEI contém 1/3 das células das Faixas regulares, que por sua vez contêm uma célula a cada três metros. Por isso, para achar o Nº de células da FEI, é suficiente dividir o Traçado Médio por 9 (nove).
   No Ex. 350 ÷ 9 = 38,7 ou 39

4. Nº de minas necessárias à FEI
   Nº de células X Composição das células.
   39X1 = 39 Minas AC
   39X1 = 39 Minas AP de Fragmentação
   39X2 = 78 Minas AP Explosivas

5. Nº de minas necessárias às Faixas Regulares
   "Traçado Médio X Densidade"
   350 X 1 = 350 Minas AC
   350 X 2 = 700 Minas AP de Fragmen
   350 X 3 =1050 Minas AP Explosivas

6. Total de minas necessárias à FEI e às Faixas Regulares (Item 5+ Item6)
   350 + 39 = 389 Minas AC
   700 + 39 = 739 Minas AP Frag
   1050 + 78 = 1128 Minas AP Expl

7. Fator de Segurança(10% do Ítem 6)
   10% de 389 = 39 Minas AC
   10% de 739 = 74 Minas AP Frag.
   10% de 1128 = 113 Minas AP Expl.

8. Total de minas AC a ser requisitado para o lançamento do campo.
   (Ítem 6 + Ítem 7)
   389 + 39 = 428 Minas AC
   739 + 74 = 813 Minas AP Frag.
   1128 + 113 = 1241 Minas AP Expl.

9. Mínimo de Faixas Regulares necessárias: (Tomar o maior dos valores / obtidos nos itens "a","b", abaixo)
   a) 1/5 da soma dos numeros que indica a densidade desejada.
      Ex. 3/5(1+2+3)= 4,6 ou 4
   b) 3 X Densidade de minas AC
      Ex. 3 X 1 = 3
   Tomamos o valor 4 para numero mínimo de Faixas Regulares.

10. Preparar um quadro para composição das Faixas Regulares, conforme modelo abaixo, obedecendo as seguintes regras:
    a. Colocar na linha "densidade desejada" a densidade constante da ordem de lançamento .
    b. Na linha total serão colocadas as densidades multiplicadas por três (o fator 3 é usado porque ele corresponde ao nº de faixas regulares necessárias para se ter uma densidade de uma mina por metro de frente.
    c. Distribuir o total encontrado pelas faixas, observando que no máximo deve existir uma mina AC por célula, por faixa, e no máximo um total de cinco minas por célula.

| COMPOSIÇÃO DAS CÉLULAS | MINAS AC | MINAS AP DE FRAGMENTAÇÃO | MINAS AP EXPLOSIVAS |
|---|---|---|---|
| DENSIDADE DESEJADA | 1 | 2 | 3 |
| T O T A L | 3 | 6 | 9 |
| FAIXA "A" | 1 | 2 | 2 |
| FAIXA "B" | 1 | 2 | 2 |
| FAIXA "C" | 0 | 1 | 3 |
| FAIXA "D" | 1 | 1 | 2 |

RESUMO DO CÁLCULO DAS NECESSIDADES EM MINAS

| F A I X A S | MINAS AC | MINAS AP DE FRAGMENTAÇÃO | MINAS AP EXPLOSIVAS |
|---|---|---|---|
| FAIXAS REGULARES | 350 | 700 | 1050 |
| F E I | 39 | 39 | 78 |
| SUB-TOTAL | 389 | 739 | 1128 |
| 10% DE SEGURANÇA | 39 | 74 | 113 |
| T O T A L | 428 | 813 | 1241 |

### INSTRUÇÕES PARA O PREENCHIMENTO DA FÓRMULA PADRÃO

O Comandante que autoriza o lançamento de um campo, normalmente especifica o grau de detalhes que devem ser colocados no registro.

1. Dados tabulares

a. Cabeçalho

Os campos de minas são numerados por subunidades, ou unidades, na seqüência de lançamento, partindo de 1 para o primeiro campo lançado; este número é precedido dos números que indicam a Unidade lançadora.

b. Marcas Terrestres

As referências são feitas, no mínimo, a duas marcas terrestres, que estarão sempre no lado amigo do campo e servirão para locar o campo na carta. O número, as coordenadas e a descrição devem ser registrados.

c. Quando uma marca terrestre está afastada mais de 200 m do campo, deve ser escolhida ou construída uma marca intermediária, no mínimo para cada 200 m. Estas não devem ficar a menos de 75 m do campo. Devem ser usadas, frequentemente, quando os azimutes são medidos através de áreas cobertas de arbustos densos ou grama alta. Quando não forem usadas marcas intermediárias, a palavra "Nenhuma" é escrita / abaixo do respectivo título.

d. Cerca de marcação, número de faixas e marcadores de faixas.
Inscrições apropriadas são feitas à frente desses títulos; quando a cerca não for construída , a palavra "Nenhuma" deve ser colocada.

e. Brechas

O número, a largura e a marcação de cada brecha são lançados; / quando não houver brecha, coloca-se a palavra "Nenhuma". Quando as brechas são fechadas com minas, o tipo e o número de minas são anotados; sua localização é descrita na casa "Observações".

f. Minas anticarro e antipessoal

São anotados os tipos e as quantidades de minas ativadas. Se não forem usadas minas antipessoal(ou anticarro), a palavra "Nenhuma" é escrita no local apropriado.

g. Observações

Informações especiais são colocadas abaixo do título observações sempre que for necessário. Isto inclui o método de marcação das entradas e saídas das brechas, a localização das minas lançadas nas brechas, a utilização de sinais indicadores dos marcadores de faixas e mais o que for desejado.

2. Croqui

O croqui de um campo de minas é, normalmente, desenhado numa escala de // 1:2000, ou maior, e deve sempre conter as seguintes informações:

a. Todas as marcas terrestres e intermediárias, se usadas.

b. Os azimutes magnéticos e as distâncias:

-Das marcas terrestres (ou marcas intermediárias) aos marcadores de faixa do começo e do fim da faixa de trás do campo;

-Das marcas terrestres (ou das marcas intermediárias) às entradas das brechas;

-Das marcas terrestres (ou das marcas intermediárias) à cerca;

-De cada seção em linha reta da brecha.

c. O norte magnético e a direção do inimigo;

d. O traçado aproximado da cerca de marcação;

e. O comprimento e a profundidade do campo de minas;

f. Localização e designação de todas as faixs;

g. Azimute e a distância de cada seção reta de todas as faixas.

Fig 3-20. Verso do padrão de registro de campo de minas

## ARTIGO IV

## EMPREGO DOS CAMPOS DE MINAS

### 3-13. CARACTERÍSTICAS DOS CAMPOS DE MINAS

A tabela 3-5 apresenta detalhes sobre a classificação e características dos diferentes tipos de campos de minas.

| TIPO | AUTORIDADE PARA EMPREGAR | EMPREGO TÁTICO | TIPOS DE MINAS | DEMARCAÇÃO | OBRIGATORIEDADE DE REMOÇÃO |
|---|---|---|---|---|---|
| PROTEÇÃO LOCAL | Cmt de BtL ou mais elevados, não devendo ser delegada a Cmdo abaixo da Cia, Esqd e Bia | Utilizado por unidades na consolidação de objetivos e em missões independentes, tais como defesa de pontes, em estradas, ocupação de PA, etc. Tropas em reserva e unidades de serviço usam-no para proteção de suas instalações. Deve ser removido desde que não venha a ser absorvido num sistema de barreira | AC, AP, incendiárias e iluminativas. Não serão empregadas minas não metálicas e minas com dispositivo antiremoção | Quando possível | Deve ser removido após o cumprimento da finalidade |
| UNIDADE | Cmt de Bda ou superiores. Não pode ser delegada a Cmdo abaixo de Btl | Tem por finalidade impedir a penetração entre posições ocupadas por elementos de valor Cia, Btl e Bda e reforçar a defesa dessas posições. Pode ainda ser empregado para retardar, desorganizar e canalizar o Atq Ini e para proteger a frente ou os flancos | Qualquer tipo. Em geral são empregadas minas químicas (a não ser que o campo esteja integrado em um sistema de barreiras) | Sim, podendo ser omitida a cerca do lado inimigo | Não |
| BARREIRA | Cmt de Bda ou superiores | Tem por finalidade deter as formações inimigas de ataque em áreas selecionadas ou canalizar sua aproximação para áreas preescolhidas. São empregados para cobrir uma posição em seu conjunto, para cobrir vazios entre pontos fortes, para canalizar o inimigo para terreno desfavorável ao mesmo e para proteger os flancos e a retaguarda contra ataques de envolvimento. Empregado entre pontos fortes e nos seus flancos, tem por fim forçar o inimigo a realizar um ataque frontal contra os mesmos | Todos os tipos | Sim, podendo ser omitida quando localizados à frente da posição e o fator surpresa for importante | Não |

Tab 3-5. Classificação e características dos campos de minas

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| INQUIETAÇÃO | Cmt de Ex ou superiores. Não pode ser delegada a Cmdo abaixo de Divisão | Tem por finalidade retardar e desorganizar o inimigo ou impedir o uso de uma área ou via de acesso. Nas operações defensivas são lançados na via de acesso e áreas favoráveis à utilização pelo inimigo ou que provavelmente ele ocupará. Nas operações de interdição serão utilizados em todas as áreas e instalações de significado militar | Todos os tipos, com especial ênfase nas armadilhas | Não, a menos que na fase de retraimento possa oferecer perigo às forças amigas | Não |
| SIMULADO | Qualquer Cmt que tenha autoridade para empregar o tipo de campo que esteja sendo simulado | Tem por finalidade simular um campo de minas com o objetivo de enganar o inimigo. Normalmente são usados como parte de um sistema de campos de minas reais e para camuflar as passagens e brechas necessárias. Devem ter a aparência de campo real | Em princípio, não contém minas reais | Idênticos aos tipos que estejam sendo simulados | |

Tab 3-5. Classificação e características dos campos de minas (continuação)

| TIPO | TIPO DE LANÇAMENTO | DENSIDADE | REGISTROS E RELATÓRIOS | | COBERTURA PELO FOGO | PROFUNDIDADE | MÃO-DE-OBRA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | TIPO | DESTINATÁRIO | | | |
| PROTEÇÃO LOCAL | Padronizado ou não. | Variável. | Relatório de instalação e remoção; registro, no caso de não ser removido e relatório de transferência, no caso de substituição da tropa. | Cmt imediatamente superior. | Sim. | Variável. | Tropas de todas as armas e serviços. |
| UNIDADE | Padronizado. | 1-4-8 (aconselhável) 1-2-3 (mínimo) | Todos regulamentares. | Idem. | Sim. | 100 m a 300 m (é mesmo 500 m) | Idem. Em princípio, a responsabilidade de controle e supervisão dos trabalhos deverá ser delegada ao Cmt de Eng do escalão considerado. |

Tab 3-6. Classificação e características dos campos de minas (continuação)

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BARREIRA | - | - | Idem | Idem | Quando possível, pois dependerá de sua localização | 300 metros no mínimo | Tropas de todas as armas sob o controle da Eng |
| INQUIETAÇÃO | Não padronizado, a menos que por imposição seja preferível o lançamento padrão | Variável | Idem | Idem | Não | Variável | Em princípio, tropa de Eng. Pode também ser lançado por forças de guerrilha |
| SIMULADO | Idênticos aos tipos que estejam sendo simulados | | Relatório de Instrução | Idem | Idênticos aos tipos que estejam sendo simulados | | Tropas de todas as armas e serviços |

Tab 3-6. Classificação e características dos campos de minas (continuação)

## ARTIGO V

## ABERTURA DE PASSAGENS E LIMPEZA DE MINAS

### 3-14. TRANSPOSIÇÃO DE CAMPOS DE MINAS

A transposição consiste no emprego de qualquer meio disponível para abrir uma brecha em um campo de minas que não possa ser desbordado. Ela pode ser imediata ou deliberada.

**a. Transposição imediata** - Requer velocidade com um mínimo de reconhecimentos e planejamentos. Poderão ser usados meios mecânicos ou explosivos, bombardeios de artilharia ou aéreos, ou equipes especialmente treinadas para realizá-la.

**b. Transposição deliberada** - É uma operação de maior vulto e exige um planejamento completo pelas brigadas e Esc Superiores. Ela é, normalmente, realizada pela engenharia ou por tropas especialmente treinadas, com o apoio de todas as armas. O número de trilhas e brechas abertas deve ser mínimo, de acordo com as exigências táticas. A transposição deliberada é realizada, normalmente, com as seguintes fases:

(1) reconhecimento;

(2) planejamento e operação;
(3) transposição e ataque;
(4) passagem das forças;

## 3-15. RECONHECIMENTO DE CAMPOS DE MINAS

**a. Tipos**

(1) Reconhecimento terrestre.
(2) Reconhecimento aéreo.
(3) Reconhecimento pelo fogo:
  (a) artilharia, morteiro ou foguetes.
  (b) bombardeios.

**b. Patrulhas de reconhecimento** - Uma patrulha de reconhecimento de campo de minas deve ser composta de um oficial ou de um graduado, quatro a seis soldados especialmente treinados e um elemento de segurança, portando arma automática leve e granadas (Fig 3-21). O equipamento transportado pela patrulha depende de sua missão e dos tipos de minas que se supõe serão encontrados. Esses equipamentos incluem bússolas, alicates de cortar arame, bastões de sondagens, detetores de minas e meios para desarmar minas, como arames e pinos de segurança, cadarços e armaduras protetoras. Se a operação não exigir segredo, podem ser incluídas no equipamento da patrulha cargas de destruição já preparadas, fateixas, cordões finos e outros meios para remoção de minas. Quando o reconhecimento é realizado apenas para coleta de dados sobre o campo de minas, visando à abertura de brechas, a patrulha registra as informações em um cadarço lançado no centro da trilha marcada. Deve ser indicada a localização de arames de tropeço ou tipos de minas, com nós feitos no cadarço, como se segue:

| TIPO | Nº DE NÓS |
|---|---|
| - Mina antipessoal (AP) | 1 |
| - Mina anticarro (AC) | 2 |
| - Arame de tropeço | 3 |
| - Novos tipos de minas | 4 |
| - Mina química tóxica | 5 |

Tab 3-7. Localização de arames de tropeço ou minas

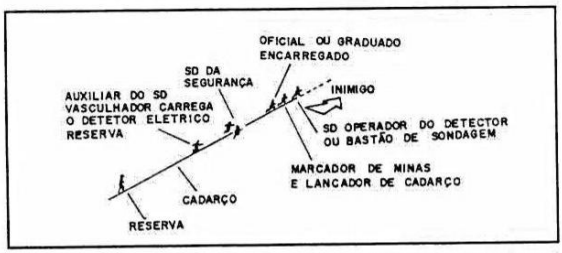



Fig 3-21. Patrulha de reconhecimento de campo de minas

## 3-16. MÉTODOS PARA LOCALIZAÇÃO DE MINAS

**a. Visual** - Um inimigo descuidado ou apressado pode deixar à mostra muitas indicações, tais como: solo revolvido, mudanças de cor na vegetação, pilhas de pedras, restos de embalagens de minas ou mesmo algumas das suas marcações de campos de minas. Os lugares abaixo mencionados são posições naturalmente indicadas para minas ou armadilhas:

(1) panelas, remendos da pavimentação ou locais sem pavimentação, nas estradas pavimentadas;

(2) as extremidades do leito da estrada, na junção do leito com os acostamentos;

(3) os acostamentos, onde as minas são mais facilmente lançadas e camufladas. Principalmente quando bem enterradas nos acostamentos, as minas tornam-se difíceis de descobrir;

(4) o interior e os bordos das crateras e, bem assim, as vizinhanças de pontes destruídas. Grupos de minas, cuidadosamente camuflados, são colocados freqüentemente para bloquear os mais prováveis caminhos de contorno;

(5) obstáculos de arame, onde podem existir, principalmente, minas AP instaladas com arames de tropeço ligados aos fios de arame farpado.

(6) outros obstáculos encontrados nas estradas e nos caminhos, tais como barris de alcatrão, tambores de óleo, viaturas danificadas e objetos diversos;

(7) áreas próximas a objetos pouco usuais nos lados da estrada, tais como estacas e caixas. Marcos quilométricos, objetos que serão provavelmente apanhados pelos colecionadores de "lembranças", homens feridos ou mortos e mesmo sepulturas podem estar dotados de armadilhas;

(8) ao redor de aeródromos abandonados ou sobre eles, trilhas recentes de viaturas, sem direção definida, podem indicar a existência de um campo de minas;

(9) outros locais naturalmente indicados, tais como curvas de pequeno raio, desfiladeiros, locais de manobra ou adequados ao estacionamento de viaturas e áreas circundando edificações.

**b. Bastão de sondagem** - As minas podem ser prontamente localizadas pelo emprego do bastão de sondagem e, bem assim, com uma baioneta ou com qualquer sonda improvisada de arame. A sondagem constitui, em geral, o processo mais prático de localizar minas AC e AP não metálicas. Na sondagem, a sonda é empurrada no terreno sob um ângulo menor que 45°, para evitar que ela acione pequenas minas AP. Ao pesquisar uma área, um soldado cobre cerca de um metro de frente, sondando a intervalos de 0,15 m e procurando, com as mãos, arames de tropeço e minas lançadas à superfície do terreno, antes de avançar.

**c. Detetor elétrico de minas** - O emprego do detetor constitui o processo mais eficiente e seguro para localizar minas em solo duro, determinar a sua disposição em um campo de minas e abrir passagens através de áreas

nas quais as minas foram espaçadas irregularmente. Todos os detetores de minas têm as suas limitações. Alguns são excelentes para localizar minas que contenham metal, mas não detetam as minas não metálicas e só acusam arame de tropeço quando diretamente sobre ele. Outros, sob condições ideais, detetam tanto minas metálicas como não metálicas, mas dão indicações falsas devido à sua alta sensibilidade. Estes detetores devem ser usados por pessoal bem instruído e manejados mais vagarosamente do que o anteriormente citado. Detetores especiais, montados em viaturas, proporcionam um meio rápido de localizar minas metálicas AC e AP, em estradas e seus acostamentos, bem como em aeródromos. Os soldados designados para operarem um detetor elétrico devem ficar atentos para armadilhas e arames de tropeço. Cada soldado deverá operar o detetor por um período máximo de 20 (vinte) minutos.

## 3-17. MÉTODOS PARA ABERTURA DE PASSAGENS EM CAMPOS DE MINAS

| MÉTODOS | CARACTERÍSTICAS |
|---|---|
| Métodos Explosivos | O uso de explosivos é o mais fácil e o mais prático método de remoção de minas. Uma carga de explosivos, com um dispositivo qualquer de acionamento, colocada sobre a mina, poderá detonar várias minas. Um cordel detonante pode ser conectado a um grupo de minas para fazê-la explodirem simultaneamente. Os dispositivos especiais normalmente disponíveis para a abertura de brechas nos campos de minas inimigos são a serpente de destruição (cargas com revestimento metálico linear) e a cadeia de torpedos bangalore (minhocão). |
| Métodos Mecânicos | Entre os dispositivos mecânicos para remover minas ou destruí-las estão:<br>- o rolo limpador de minas;<br>- o arado;<br>- o escorpião;<br>Todos são grandes e lentos, oferecendo excelentes alvos às armas que ativam o campo. O mais eficiente deles é o rolo, que tem seu melhor desempenho na limpeza de estradas e dos campos lançados em terrenos de trânsito fácil e onde o solo seja firme (maiores detalhes: Ver IP 5-31 - 1ª parte). |
| Método Manual | Organização e equipamento do Pelotão. Este método utiliza o bastão de sondagem e (ou) o detetor elétrico de minas. A Tab 3-9 e a Fig 3-22 mostram a constituição do pelotão e como este opera na abertura de trilhas. |

Tab 3-8. Método para abertura de passagens em campo de minas

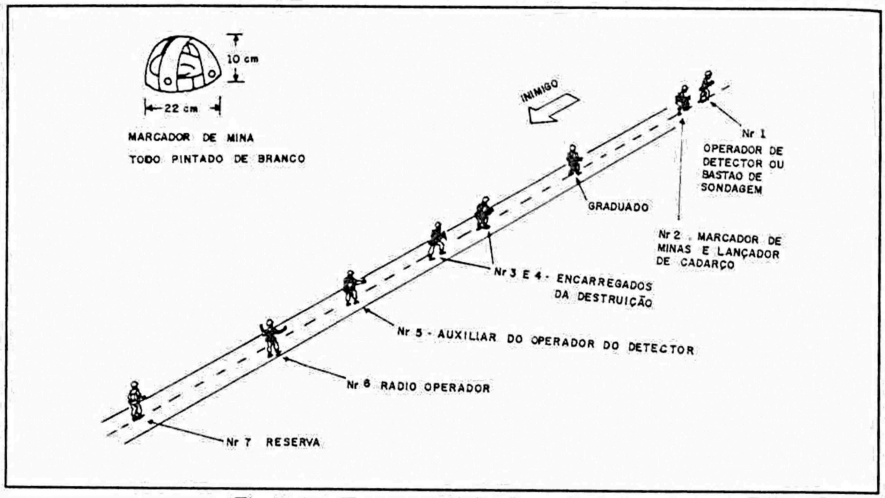



Fig 3-22. Turma de abertura de trilha

| | OFICIAL | GRADUADOS | SOLDADOS | EQUIPAMENTO |
|---|---|---|---|---|
| Oficial | 1 | - | - | Bússola, carta, rádio e armamento individual |
| Sargento - Auxiliar | - | 1 | - | O mesmo do oficial menos o rádio |
| Turma de Abertura Nº 1 | - | 1 | 7 | Dois detectores portáteis, dois bastões de sondagem, marcadores de minas, cadarço ou arame em bobinas, pinos de segurança, clipes, arames lisos (45 cm de comprimento), petardos de 250 g, espoletas, cordel detonante, estopim, acendedores, alicates e rádio |
| Turmas de abertura Nº 2 e 3 | O mesmo da turma Nº 1 | | | |
| Turma de Apoio | - | 1 | 10 | O mesmo da turma Nº1, mais: maços ou marretas, alicates, tesoura para arame, estacas de 5 a 10 cm de grossura e 1,80 m de comprimento (no mínimo), armamento individual, padiolas, sinais marcadores de brechas, luvas para aramado, arame farpado e estacas curtas. |
| Total | 1 | 5 | 31 | |

Tab 3-9. Organização e equipamento do pelotão de abertura manual de trilhas e brechas

## 3-18. LIMPEZA DE UMA ÁREA

**a.** Limpeza é a remoção total das minas, sejam amigas ou inimigas, de uma determinada área. Os métodos usados na limpeza são semelhantes àqueles empregados na abertura de passagens, aplicados com mais cuidado, já que não há interferência do fogo inimigo. Na limpeza é feita uma aplicação máxima dos registros dos campos, e o fogo pode ser usado para auxiliar na remoção da relva ou outra vegetação existente.

**b. Método de limpeza pela sondagem**

(1) O método que se segue está baseado nas seguintes premissas:

(a) o campo de minas é um campo inimigo ou um campo amigo do qual não se dispõe de registros;

(b) não se dispõe, no local, de dispositivos mecânicos ou outros dispositivos para fazer a limpeza;

(c) o campo contém grande número de minas não metálicas sendo, portanto, o método da sondagem o mais indicado;

(d) emprego do pelotão de engenharia como unidade básica de trabalho;

(e) as minas encontradas serão explodidas nos seus locais ou, então, removidas com cordas.

(2) O pelotão é organizado como mostra a Tab 3-10 e opera a limpeza conforme mostra a Fig 3-23.

(3) O uso de explosivos está descrito no parágrafo 2-10.

(4) Remover minas com o auxílio de uma corda é mais seguro do que fazê-lo manualmente. Para tanto, proceder-se-á como se segue:

(a) sondar o terreno para localizar exatamente a mina;

(b) descobrir o topo da mina;

(c) sem mover a mina, prender a ela a extremidade de uma corda ou fio de arame com cerca de 50 m de comprimento;

(d) fazer com que todo o pessoal se afaste do campo de minas, indo para áreas que tenham sido limpas. Isto evita baixas, pois as minas podem estar ligadas em série ou ocasionar alguma explosão por influência;

(e) de uma posição abrigada e limpa, puxar a corda para que a mina saia do buraco;

(f) esperar 30 segundos antes de abandonar o abrigo. Isto constitui uma precaução contra minas dotadas de acionadores de retardo;

(g) verificar se o buraco ainda contém minas, arames longos de tração ou acionadores de ativação;

(h) levar a mina para um lugar adequado, onde se procederá de acordo com as ordens existentes;

(i) observar as precauções de segurança ao colocar as minas nos depósitos, antes de dar-lhes o fim conveniente. Ter cuidado especial com

qualquer mina que não tenha podido ser completamente neutralizada ou que tenha sofrido o efeito do sopro de outras minas ou projéteis;

| PESSOAL | OFICIAL | GRADUADOS | SOLDADOS | EQUIPAMENTO |
|---|---|---|---|---|
| Oficial encarregado | 1 | - | - | Carta, bússola, rádio e todos os meios disponíveis de informações sobre a área minada |
| Turma de Limpeza Nº 1 | - | 1 | 10 | Bastões de sondagem, cadarço em bobinas, corda ou cabo de 50 metros de comprimento, pedaços de arame Nº 10 e 16 e com 45 cm de comprimento, equipamento de destruição, ferramentas de sapa e rádio |
| Turma de Limpeza Nº 2 | - | 1 | 10 | O mesmo da Turma Nº 1 |

Tab 3-10. Organização e equipamento do pelotão para limpeza manual

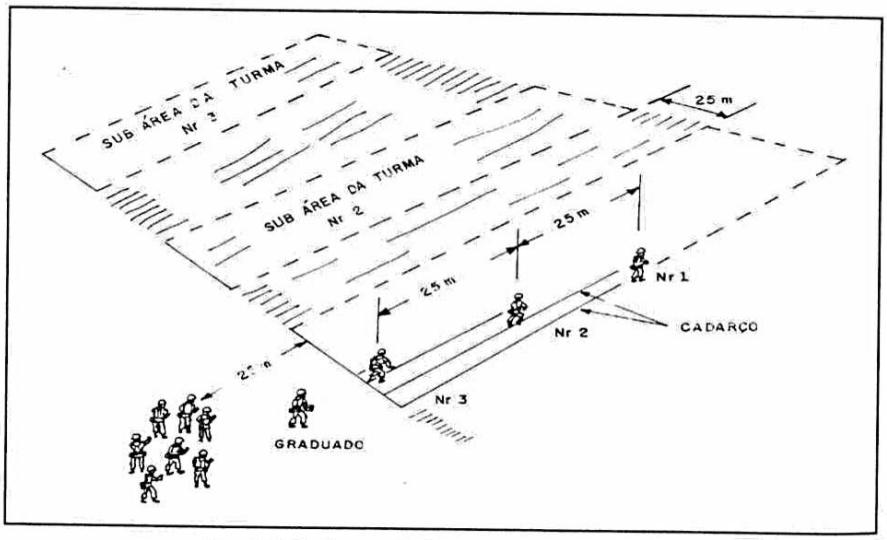



Fig 3-23. Turma de limpeza em operação

**c. Método de limpeza com o uso de detetores** - O pelotão é organizado da mesma maneira que é descrita na Tab 3-10, exceto que cada turma de limpeza utiliza três detetores de minas e é acrescida de um homem. Os deveres e procedimentos são basicamente os mesmos descritos para o método para limpeza com bastão de sondagem.

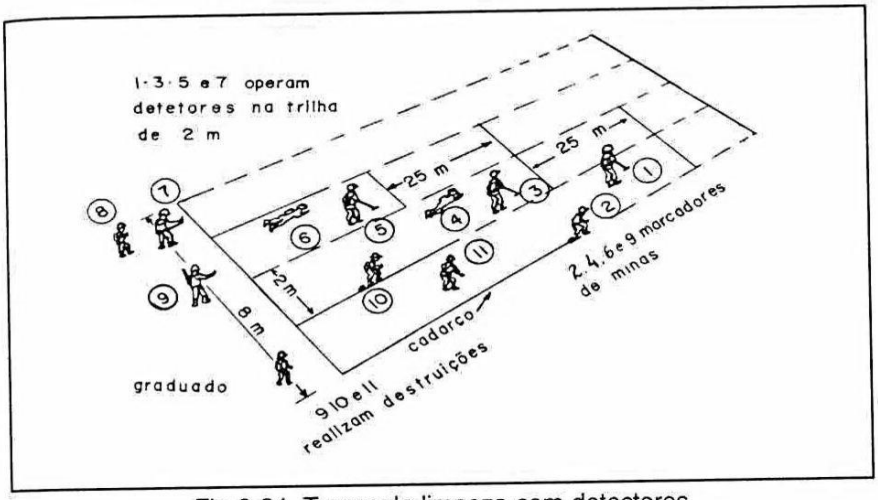



Fig 3-24. Turma de limpeza com detectores

## 3-19. LIMPEZA DE ESTRADAS

**a.** A limpeza de estradas tem algumas características da abertura de brechas em campos de minas e outras de limpeza de campos, dependendo da ligação da estrada com o inimigo e da urgência da missão. O dispositivo normal da tropa que realiza uma limpeza de estrada é o apresentado na Fig 3-25. Quando se suspeita de emboscada ou da existência de minas a serem detonadas a distância, o dispositivo deverá ser o apresentado na Fig 3-26.

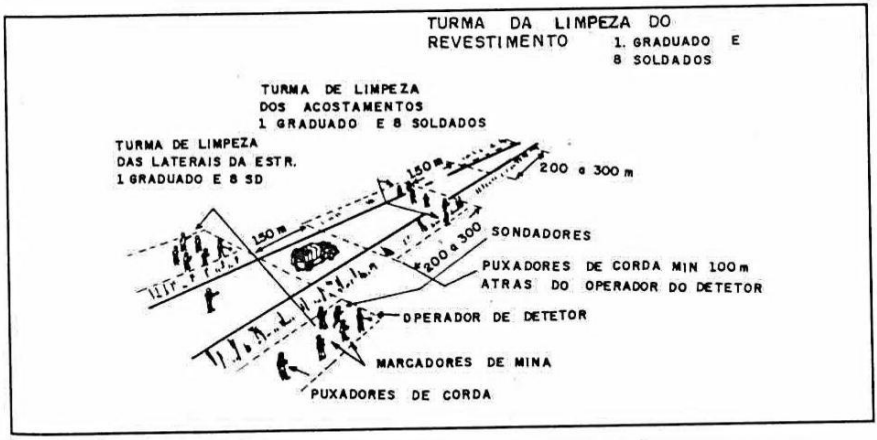



Fig 3-25. Turma de limpeza de estrada

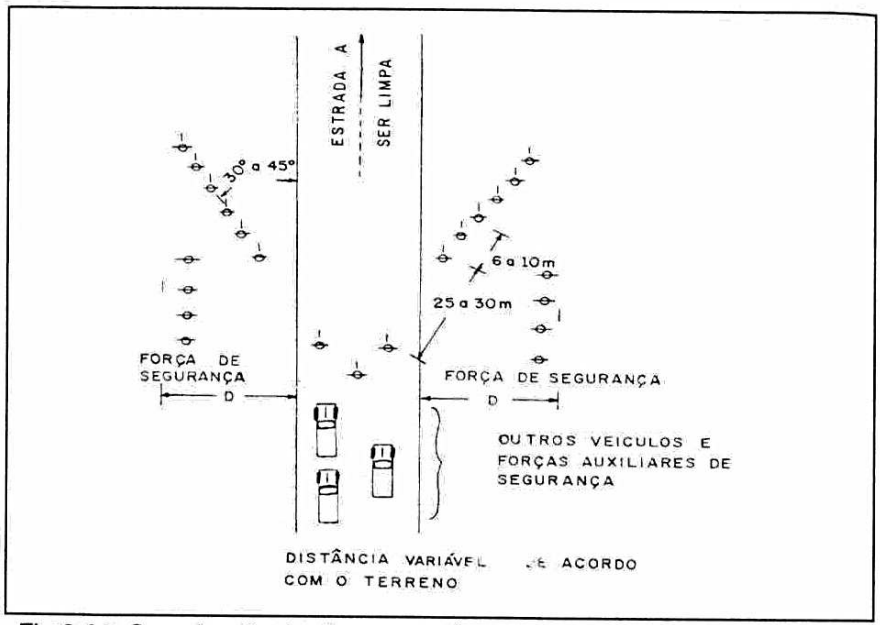



Fig 3-26. Organização das turmas de limpeza e segurança quando houver suspeita de emboscada em estrada

**b.** Normalmente, a limpeza das estradas é realizada em duas fases:

| FASES | CARACTERÍSTICAS |
|---|---|
| 1ª FASE | Realizada por tropas especialmente treinadas e equipadas, que acompanham os elementos em primeiro escalão. Podem ser ou não de engenharia. Os objetivos iniciais são:<br>- remoção de minas e outros obstáculos, o suficiente para abrir uma brecha de uma só via para o tráfego (ou uma trilha, se a operação só interessar à tropa a pé);<br>- reconhecimentos para localizar desvios ou outras estradas;<br>- relatório imediato das áreas minadas, abertas, limpas ou contornadas;<br>- colocação de guardas ou sinais demarcadores de campo de minas, para avisar os elementos seguintes. |
| 2ª FASE | Normalmente realizada por tropas de engenharia, inclui:<br>- alargamento da trilha ou brecha, para o tráfego em duas vias; limpeza dos acostamentos e das margens da estrada até onde as linhas telefônicas das comunicações foram ou serão lançadas<br>- melhoramento dos desvios, enchimento das crateras, retirada dos veículos abandonados, melhoramento e colocação de avisos de minas e sinais marcadores;<br>- verificação completa das bifurcações e cruzamentos de estradas;<br>- limpeza e marcação de locais para manobra de viaturas;<br>- construção de cercas e marcação de todos os campos de minas ou áreas minadas situadas em ambos os lados da estrada, nos quais não tenha sido feita a limpeza. |

Tab 3-11. Fases da limpeza das estradas

## 3-20. SINAIS INDICADORES E DEMARCADORES

Sinais indicadores regulamentares, com dizeres: "Chapa de rodagem limpa de minas", "1,20 m nos acostamentos, varridos de minas", "Estrada varrida de minas até as cercas" e outros semelhantes, são colocados cuidadosamente ao longo das estradas e áreas adjacentes, para indicar o progresso da limpeza de minas. O termo "limpa" significa que não existe nenhuma mina na estrada; o termo "varrida"quer dizer que foi feita a pesquisa com um detetor e que todas as minas descobertas por esse meio foram removidas.

## 3-21. LIMPEZA DE MINAS AP

**a.** Dividir em zonas a região a pesquisar e limpar cada uma delas, sistematicamente, antes de passar à seguinte. Ao encontrar qualquer mina, determinar como neutralizá-la, antes de realizar qualquer ação sobre ela. Não tentar neutralizá-la antes de ter compreendido perfeitamente o seu sistema de acionamento.

**b.** A maioria dos acionadores empregados com as minas AP dispõe de um ou mais dispositivos de segurança, constando geralmente de um pino. Primeiramente, localizar o orifício do qual o pino foi retirado; depois, introduzir um prego ou pedaço de arame nesse orifício. Em geral, essa operação neutraliza o acionador.

**c.** Examinar o arame de tropeço cuidadosamente e em toda a sua extensão. Isto porque pode haver, na sua extremidade oposta, um dispositivo qualquer que explodirá se o arame for cortado. Precaver-se contra acionadores de pressão. Após verificar bem a instalação, cortar o arame.

**d.** As minas dotadas de acionador de retardo não exigem ação de iniciação exterior e podem ser muito bem dissimuladas. Ao descobrir minas desse tipo, retirar imediatamente o acionador.

## 3-22. MINAS FLUTUANTES E DE CONTATO

As medidas defensivas a serem tomadas contra as minas flutuantes são as seguintes:

**a.** patrulhas de engenharia, com atiradores de fuzil, são colocadas a montante da ponte, em barcos, e neutralizam ou destroem todas as minas avistadas;

**b.** linhas de flutuadores são instaladas através do rio, a montante da ponte, para deter ou fazer funcionar as minas que venham a escapar à ação das patrulhas em botes;

**c.** atiradores de fuzil são colocados na ponte para atirar nas minas que tenham conseguido ultrapassar a linha de flutuadores;

**d.** posições de fuzileiros e de metralhadoras são localizadas na margem, também a montante da ponte, para atirar sobre objetos suspeitos que apareçam à flor d'água. As armas antiaéreas que defendem a ponte também podem ser empregadas nessa missão.

## 3-23. MEDIDAS DE PRECAUÇÃO

| |
|---|
| Permanecer disperso. |
| Não correr. |
| Movimentar-se somente em áreas já livres de minas. |
| Deslocar-se para atender a feridos somente quando autorizado a fazê-lo pelo oficial comandante da tropa encarregada da limpeza da área. |
| Suspeitar de todos os objetos abandonados, encontrados na área minada e investigar tudo cuidadosamente. |
| Marcar adequadamente as áreas limpas. |
| Todas as minas devem ser consideradas como estando armadilhadas, até que se prove o contrário. Nunca descobrir uma mina até que o solo sobre ela tenha sido completamente verificado e seja considerado como livre de armadilhas. |
| A remoção manual de minas só deve ser tentada quando não houver possibilidade de emprego de outros meios. |
| Todas as precauções tomadas com o manuseio de explosivos devem ser aplicadas no trato com minas, estopins, espoletas e acionadores. |
| As minas que forem removidas são mantidas em locais separados dos estopins, espoletas e acionadores e serão destruídas separadamente. |
| Meios rápidos de comunicação (de preferência dobrados) devem ser mantidos para assegurar o máximo controle e a pronta evacuação de qualquer ferido. |

Tab 3-12. Medidas de precaução

## 3-24. MINAS EM USO NO EXÉRCITO BRASILEIRO

| TIPO | CARACTERÍSTICAS |
|---|---|
| Mina AE AC M3 | De fabricação belga, é quase toda de plástico, não sendo assinalada por detetores magnéticos. É acionada por uma espoleta (M60) do tipo pressão mecânica, também de plástico. Pesa, quando montada, cerca de 6,8 kg. Não se decompõe mesmo quando enterrada (Fig 3-27). |
| Mina de Exercício AC M3 | É semelhante à mina AE AC M3, diferenciando-se da mina real pela cor de seu corpo, que é cinza. Utiliza o mesmo prato de pressão, porém o acionador é mais curto que o da mina real. O assento do prato de pressão não possui reforçador (Fig 3-28). |
| Mina AE AP M409 | De fabricação belga, compõe-se de um cilindro contendo explosivo, um acionador, uma membrana de pressão e uma placa de segurança, retida por um grampo. Não é registrada por detetores magnéticos, e sua sensibilidade assegura seu acionamento à mínima pressão. Pode funcionar como iniciadora de cargas anticarro, se colocada juntamente com petardo de alto explosivo (Fig 3-29). |
| Mina de Exercício AP M409 | Possui componentes semelhantes aos das minas antipessoal reais, utilizando porém, ao invés de explosivo, uma carga fumígena para indicar quando é acionada. Elas têm o mesmo aspecto, cor e peso das minas reais e são identificadas pela palavra "PRATICE" escrita em amarelo no corpo da mina (Fig 3-30). |
| Mina AC NM AE T1 | É uma mina anticarro, não metálica (plástico) de fabricação nacional. Não é assinalada pelos detetores magnéticos convencionais. Possui uma carga principal de trotil "O" e uma carga secundária (reforçador) de pentolite 50/50, acionadas por meio de uma espoleta curta e uma cápsula M1 de percussão direta (Fig 3-31). |
| Mina AC/AP NM T-AB-1 | De fabricação nacional (Britanite), é quase toda de plástico, na cor verde-oliva, não sendo detectável por detectores convencionais. Seu reforçador pode ser usado como mina AP, pois não é incorporado à mina. O acionador T-AB-1 é do tipo percussão e necessita para funcionar de um peso mínimo de 18 kg aplicado no topo e um deslocamento mínimo de 5 mm. O prato de pressão é de plástico e fixado ao porta-reforçador por pinos de cizalhamento. A mina funciona por ruptura dos pinos de cizalhamento com uma carga mínima de 200 kg no prato de pressão e um deslocamento de 5mm. Pode ser utilizada sob a água. As minas não explodem por simpatia quando colocadas a intervalos de 2 m de distância (Fig 3-32). |
| Mina AC NM EX T-AB-1 | Semelhante à Mna AC/AP NM AE T-AB-1, diferenciando-se da mina real pela cor de seu corpo que é cinza. Seu acionamento libera uma nuvem de material fumígeno, não tóxico. Não produz nenhum dano ao combatente que a pisa ou a viatura que a aciona. Pode ser utilizada sob a água. |
| Mina AP T-AB-1 | É empregada como reforçador da Mna AC/AP NM AE T-AB-1. O acionador T-AB-1 é do tipo percussão. Necessita para funcionar de um peso mínimo de 18 kg aplicado no topo e um deslocamento de 5 mm. É quase toda de plástico, na cor verde-oliva, não sendo detectável por detectores convencionais. Pode ser utilizada sob a água. Não explodem por simpatia quando colocadas a intervalos de 0,5 m (Fig 3-33). |
| Mina AP NM EX T-AB-1 | Semelhante à Mna AP T-AB-1, diferenciando-se da mina real pela cor de seu corpo que é cinza. Seu acionamento libera uma nuvem de material fumígeno, não tóxico. Não produz nenhum dano ao combatente que a pisa ou viatura que a aciona. Pode ser utilizada sob a água. |

Tab 3-13. Minas em uso no Exército Brasileiro

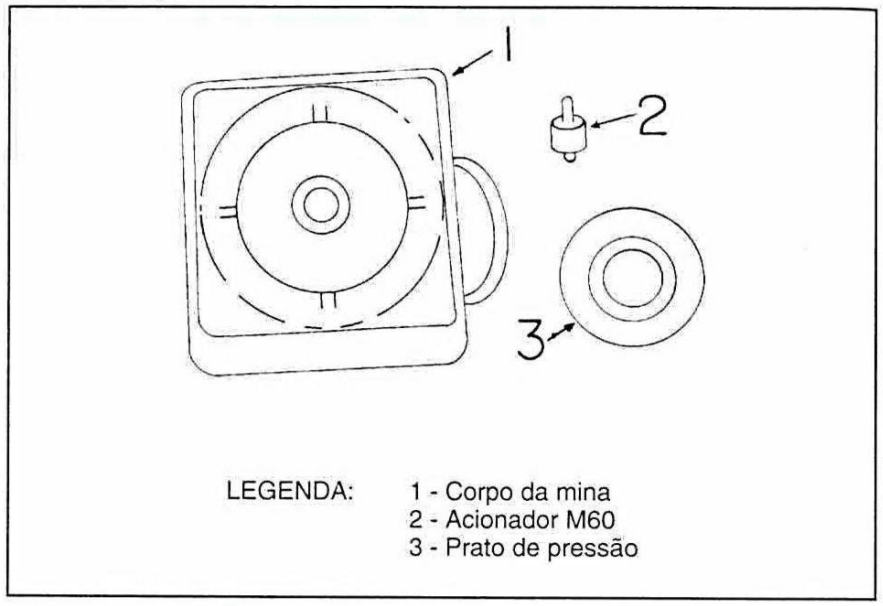



Fig 3-27. Vista da mina M3 com seus componentes

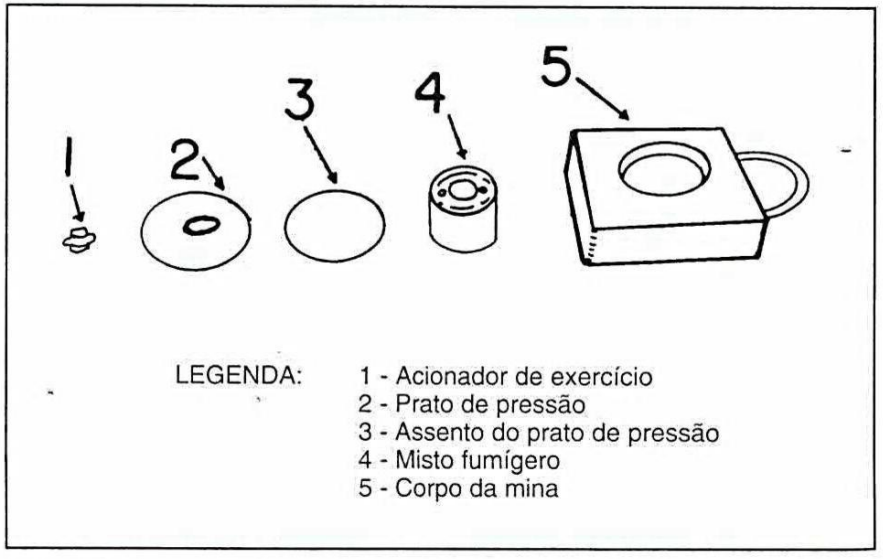



Fig 3-28. Conjuntos que compõem a mina de exercício AC M3

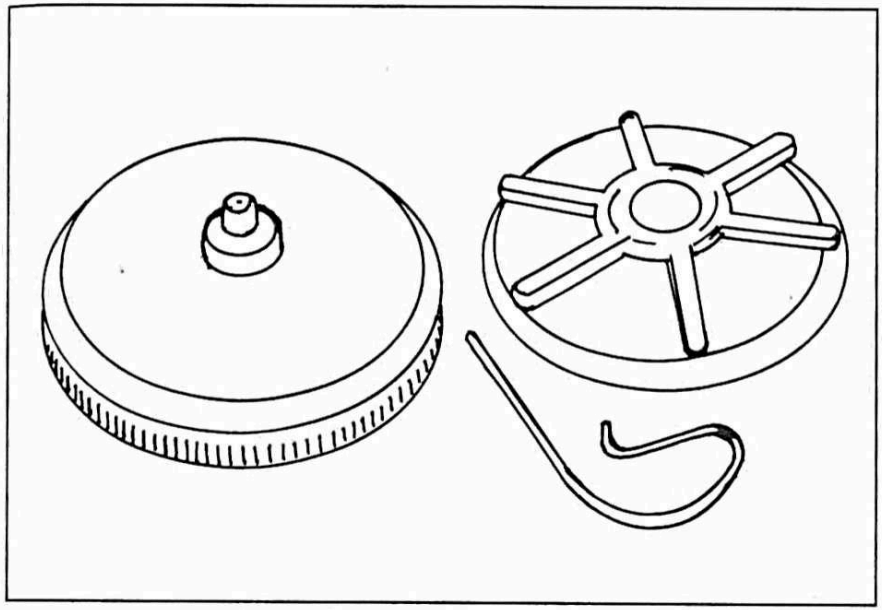


Fig 3-29. Mina AE AP M409

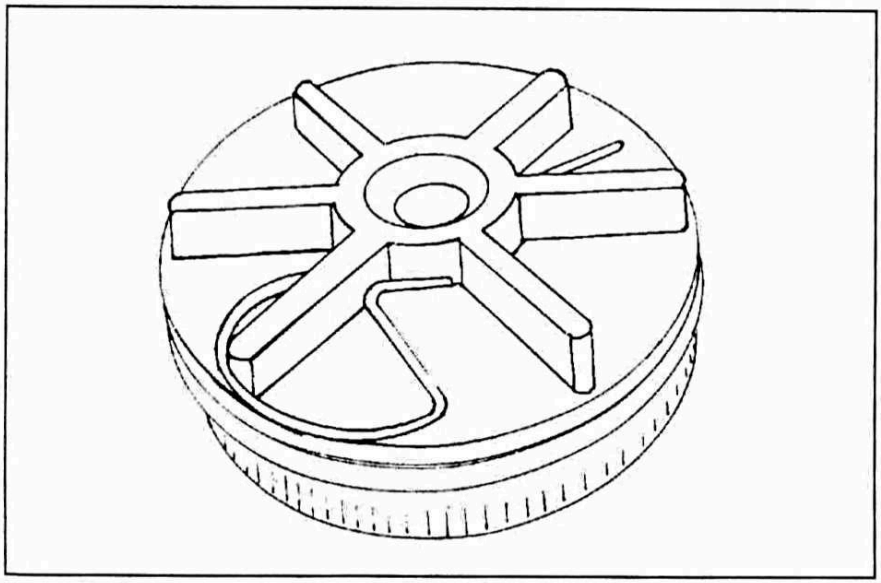


Fig 3-30. Mina de exercício AP M409

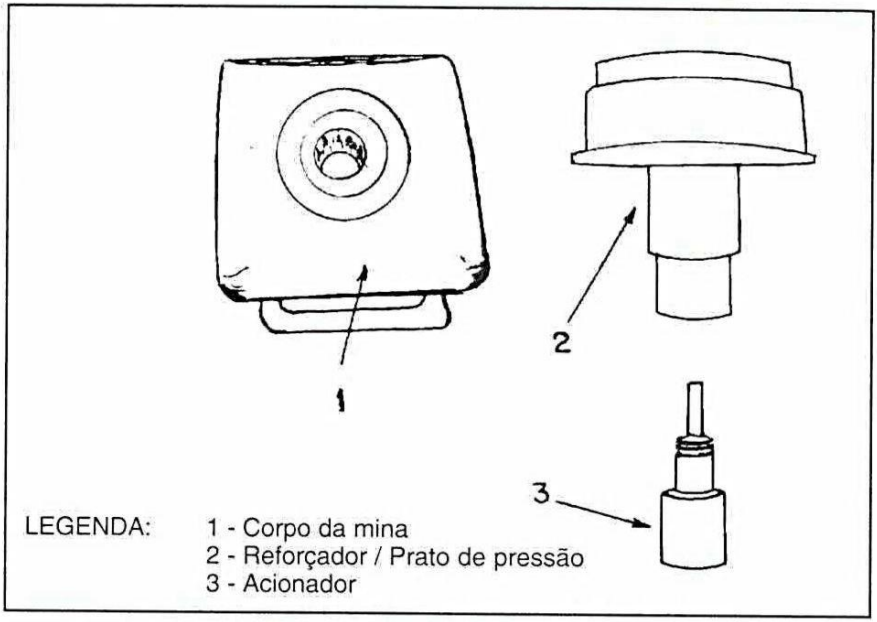



Fig 3-31. Mina AC NM AE T1 com seus componentes

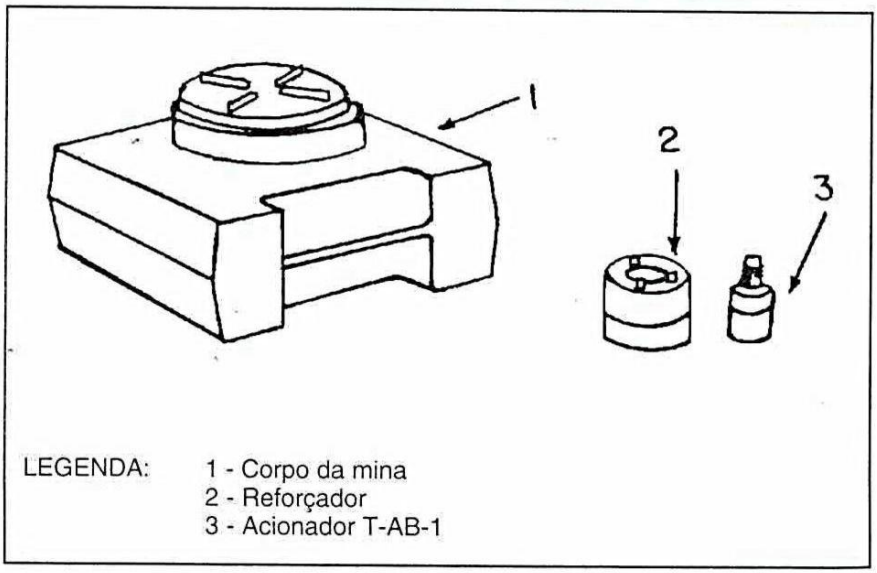



Fig 3-32. Min AC/AP NM AE T-AB-1 (Britanite)

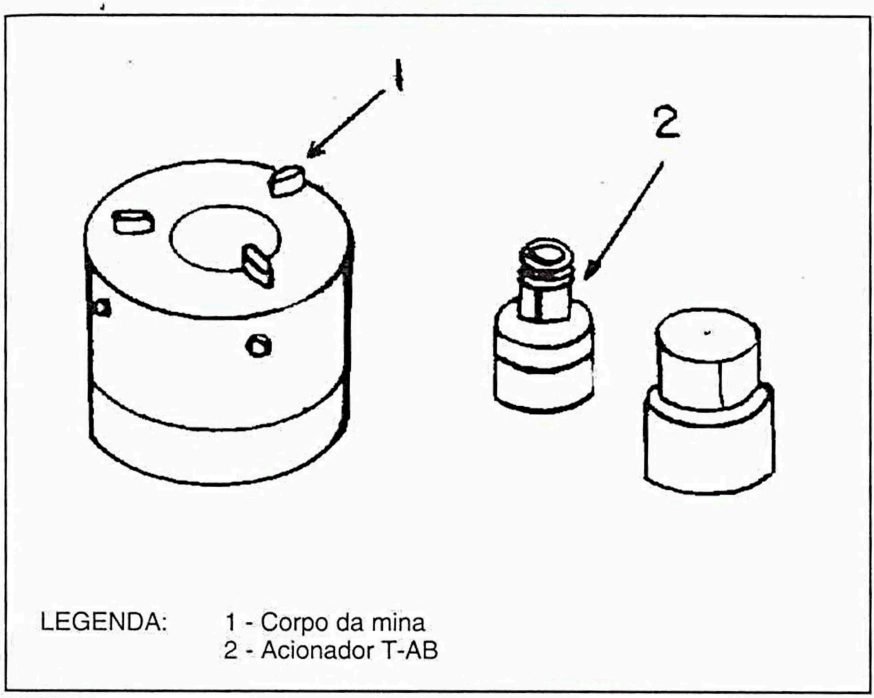



Fig 3-33. Mina AP T-AB-1 (Britanite)

3-25. LIMPEZA DE ARMADILHAS

Uma vez localizadas, as armadilhas devem ser neutralizadas, observando-se o seguinte:

**a.** os arames de tropeço que forem encontrados frouxos podem ser cortados sem perigo; mas aqueles que estiverem tensos só devem ser cortados após ter sido descoberto o acionador e colocado o pino de segurança. Quando não se consegue localizar o acionador, deve-se tracionar o arame de uma distância segura e esperar uns poucos segundos antes de voltar ao local da armadilha;

**b.** introduzir o pino de segurança nos acionadores de tração. Feito isso, não mais haverá perigo de desenterrá-lo ou retirá-lo;

**c.** nos acionadores de pressão, introduzir um pino de segurança com espessura suficiente para ajustar-se exata ou quase exatamente ao orifício. Então, o acionador poderá ser desatarrachado ou retirado sem perigo.

3-26. TIPOS DE ARMADILHAS

| TIPOS | DEFINIÇÃO |
|---|---|
| Improvisadas | Construídas com materiais, geralmente usados para outras finalidades |
| Fabricadas | São dispositivos construídos série, para distribuição às tropas |

Tab 3-14. Tipos de armadilhas

# CAPÍTULO 4

# ORGANIZAÇÃO DO TERRENO

## ARTIGO I

## INTRODUÇÃO

### 4-1. GENERALIDADES

**a. Trabalhos de Organização dos Terrenos** - Os trabalhos de OT são grupados em duas categorias: fortificações de campanha e camuflagem.

**b. Rendimento**

| Rendimento é o trabalho realizado ou capaz de ser realizado por um certo efetivo, na unidade de tempo (hora). | | |
|---|---|---|
| UNIDADE DE RENDIMENTOS | VALOR | EQUIVALÊNCIA |
| Homem hora (H.h)<br>Grupo hora (Gr.h)<br>Pelotão hora (Pel.h) | trabalho de 1 homem em 1 hora<br>trabalho de 1 Gp em 1 hora<br>trabalho de 1 Pelotão em 1 hora | 1 Pel.h = 30 H.h<br>1 Gp.h = 0,3 Pel.h<br>1 Gp.h = 10 H.h |
| **OBSERVAÇÕES**<br>1. Todos dados referentes ao trabalho diurno.<br>2. Rendimento trabalho noturno = 2/3 do rendimento do trabalho diurno.<br>3. Tempo trabalho noturno = 1,5 tempo trabalho diurno.<br>4. Trabalho executado por tropa experiente = redução de 1/3 tempo. | | |

Tab 4-1. Rendimento dos trabalhos de fortificação

### 4-2. PRIORIDADE DOS TRABALHOS DE OT

**a. Seqüência normal dos trabalhos após definição da posição do combate.**

(1) Limpeza dos campos de tiro e remoção dos objetos que reduzem a observação;

(2) Estabelecimento de sistemas adequados de comunicação e de observação;

(3) Lançamento de campos de minas AC e preparação das destruições em locais importantes (pontes, etc);

(4) Construção de abrigos individuais e destruições secundárias.

**b. Planejamento da camuflagem -** As obras de fortificações de campanha devem ser localizadas de forma a permitir sua fácil camuflagem. Este cuidado, tomado desde o início dos trabalhos, reverterá, mais tarde, em economia de tempo, material e mão-de-obra. A construção de objetos e posições simulados, e demais artifícios para iludir o inimigo, bem como outras medidas de camuflagem, são realizadas simultaneamente com o trabalho de fortificação de campanha. Estas posições simuladas exigem uma localização cuidadosa para dar a impressão de que todo o conjunto é real.

| TERRENO | CARACTERÍSTICAS | CONDIÇÕES DE ESCAVAÇÃO | RECURSOS LOCAIS PARA CONSTRUÇÃO | CAMUFLAGEM EXISTENTE |
|---|---|---|---|---|
| **Ártico** | Quase sempre, plano estéril, com neve espessa e com freqüentes e extensas zonas de tundra ou vegetação de pequeno porte ou coníferas. Eventuamente, com cadeias de montanhas sem vegetação e coberturas de neve ou de gelo, dividida por geleiras. | Escavação difícil.Neve espessa sobre o solo gelado. São necessários explosivos e ferramentas para escavar o solo. | Nos terrenos planos e sem vegetação o único material disponível é o gelo. Para cabanas de esquimós e abrigos a escassa vegetação pode fornecer material para isolamento e para esteiras. | A neve proporciona coberta, mas não abriga, salvo se escavada ou congelada. As zonas de mata oferecem camuflagem natural. |
| **Em Região Temperada** | Suavemente ondulado. Área de campo, bosques, cerrado e pastagens, freqüentemente cortados por arroios e rios. | Geralmente de escavação fácil com ferramenta manual. | Normalmente abundantes para todos os tipos de trabalho de circunstância. | Abundância de camuflagem e abrigos naturais. |
| **Desértico** | Terreno plano, árido, arenoso ou argiloso, com vegetação baixa e enfezada, comumente cercado por montanhas ou terras que se elevam até os terrenos temperados. | De fácil escavação com ferramenta manual. | Nenhum disponível para construção, exceto rochas e areia e, eventualmente, pequenos arbustos. | Afloramentos ocasionais de rochas, vegetação baixa, pântanos, ravinas e depressões oferecem alguma proteção e coberta. |
| **Montanhas** | Em todos os climas encontram-se cadeias de montanhas. As árticas não têm vegetação. Nos terrenos temperados e de selva, as montanhas são bem revestidas de matas. | Escavação difícil, exigindo o emprego de explosivo e ferramenta mecânica. | Nos climas árticos, nenhum material, exceto rocha e gelo. Nos demais, geralmente encontra-se madeira. | Mais que suficiente. Entretanto, a natureza do terreno tende a aglomerar as tropas e restringir as operações. |
| **De selva** | Terreno plano suavemente ondulado, ou montanhoso, coberto de vegetação densa, com clareiras eventuais. Vegetação baixa e espessa sob as árvores. | As numerosas raízes das árvores e arbustos tornam a escavação mais difícil. | Abundantes. | Natural; melhor do que em outro qualquer tipo de terreno. |
| **De pântanos, charcos ou inundados** | São encontrados na selva, em terrenos temperados e semiárticos. São zonas isoladas, de terrenos baixos, planos, lamacentos, ou parcialmente inundados, com ilhas esparsas de terreno duro com vegetação. Exceto quando congelados, devem sempre que possível ser evitados, devido à grande dificuldade de transposição. | Escavação impossível, exceto em ilhas grandes onde o terreno firme tem, usualmente, pouco mais de um metro de profundidade. As obras mais indicadas são as superficiais, tais como parapeitos de sacos de terra. | A não ser nas zonas de matas,há poucos recursos locais para construção. | Exceto em zonas de matas, a camuflagem natural tem possibilidades limitadas. |

Tab 4-2. Tipos de terreno e trabalhos de camuflagem

## 4-3. DADOS PARA PLANEJAMENTO DOS TRABALHOS DE OT

| TIPO | ÁREA | H.h |
|---|---|---|
| Limpeza de macegas (limpeza ligeira ou leve)..... | 100 m² | 2,0 |
| Limpeza de macegas e árvores com diâmetro até 30 cm (limpeza média)..... | | 4,0 |
| Desmatamento de bosques com ávores de diâmetro até 30 cm..... | | 50,0 |
| Desmatamento de bosques com árvores de diâmetro até 60 cm, à razão de 25 dam² com equipamento mecânico ..... | 25 dam² | 10,0 |

**OBSERVAÇÕES**
a. Nas zonas organizadas para a defesa aproximada, iniciar a limpeza perto do LAADA e trabalhar em direção ao inimigo até, pelo menos, 100 m.
b. A estimativa acima não inclui a retirada de escombros. Um tempo adicional deve ser previsto para este fim, dependendo do transporte e do equipamento disponível. Como base de cálculo, pode-se tomar um tempo adicional de 20%.

Tab 4-3. Limpeza de campo de tiro

| POSIÇÕES | TIPO | ÁREA A CAMUFLAR (metro x metro) | ESCAVAÇÃO (m³) | H.h |
|---|---|---|---|---|
| Fuzil | Abrigo ..... | 1,50 x 2,40 | 0,900 | 1,25 |
| FM | Abrigo ..... | 3,00 x 3,00 | 1,000 | 1,50 |
| Lança Rojão | Poço..... | 1,50 x 1,50 | 1,400 | 2,00 |
| | POÇO E ABRIGOS | | | |
| | - Só o poço ..... | 1,50 x 1,50 | 0,700 | 1,00 |
| | - Só os abrigos ..... | 2 x 1,50 x 2,40 | 0,800 | 3,00 |
| Mtr L Cal .30 | Ferradura ..... | 4,50 x 4,50 | 3,500 | 5,00 |
| | 2 Abrigos..... | 3,60 x 3,60 | 1,800 | 2,50 |
| Mtr P Cal .50 | Ferradura ..... | 4,50 x 4,50 | 4,000 | 5,00 |
| | 3 Abrigos..... | 4,50 x 4,50 | 2,700 | 4,00 |
| Mrt de 60 mm | Poço..... | 4,20 x 4,20 | 2,000 | 3,00 |
| Mrt de 81 mm | Poço ..... | 4,80 x 4,80 | 3,000 | 4,60 |

Tab 4-4. Escavação e camuflagem de posições de infantaria

## 4-4. TIPOS DE ABRIGOS, TRINCHEIRAS, ESPALDÕES E FOSSO AC

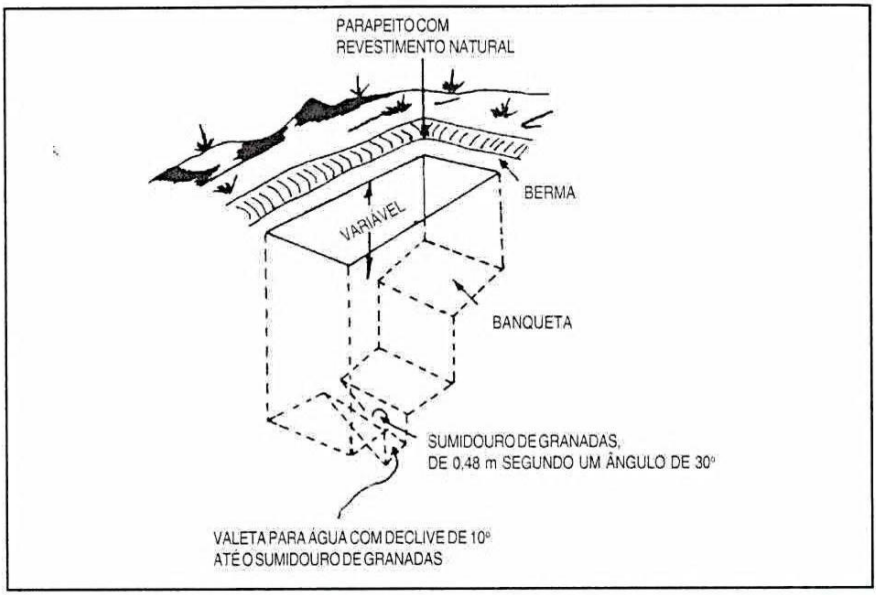



Fig 4-1. Abrigo para um homem

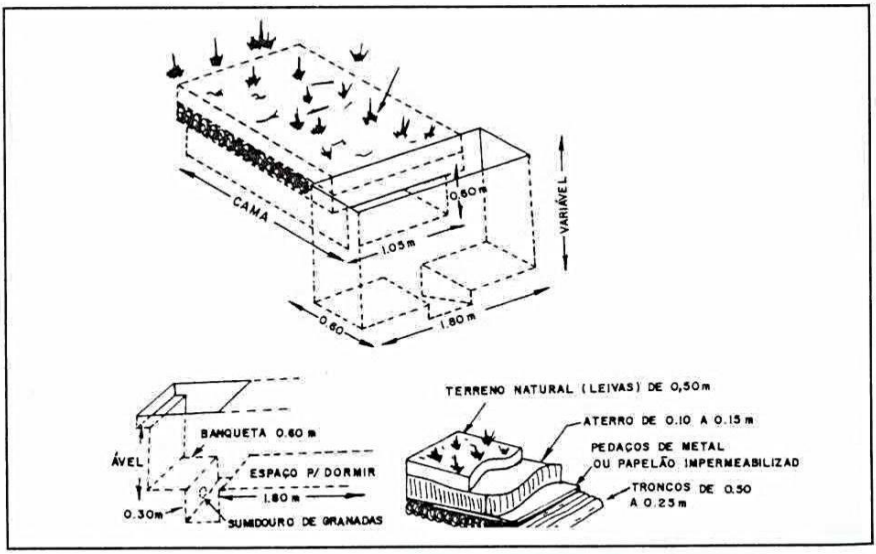



Fig 4-2. Abrigo para dois homens

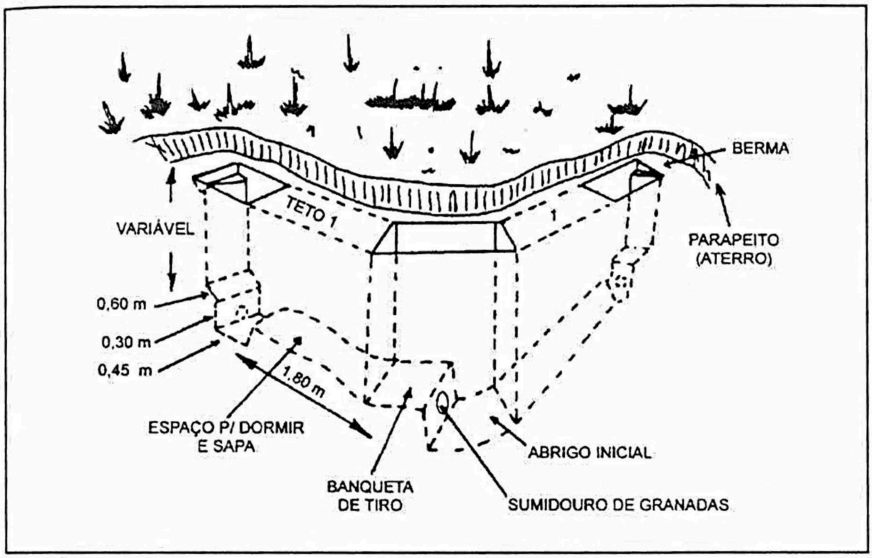



Fig 4-3. Abrigo em V para três homens

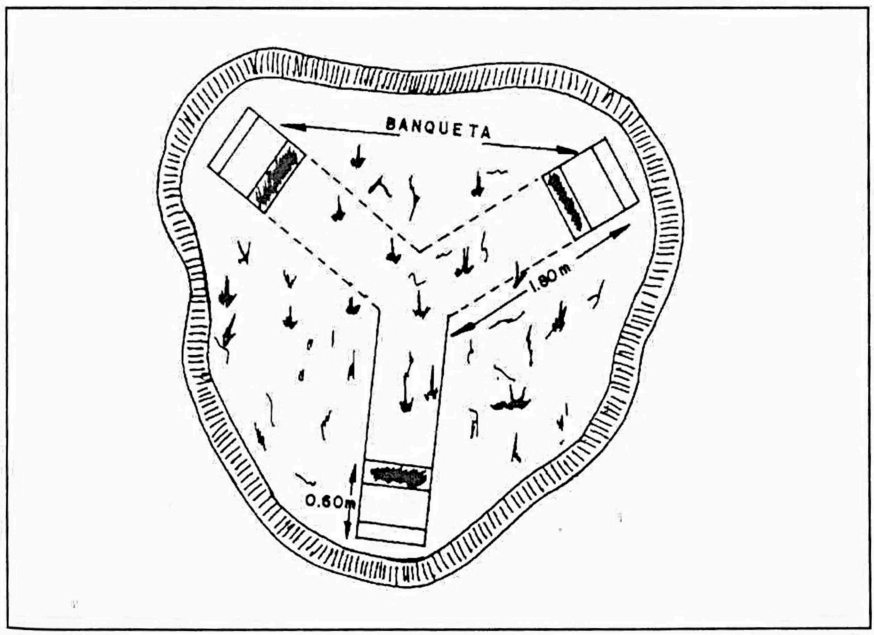



Fig 4-4. Abrigo em Y para três homens

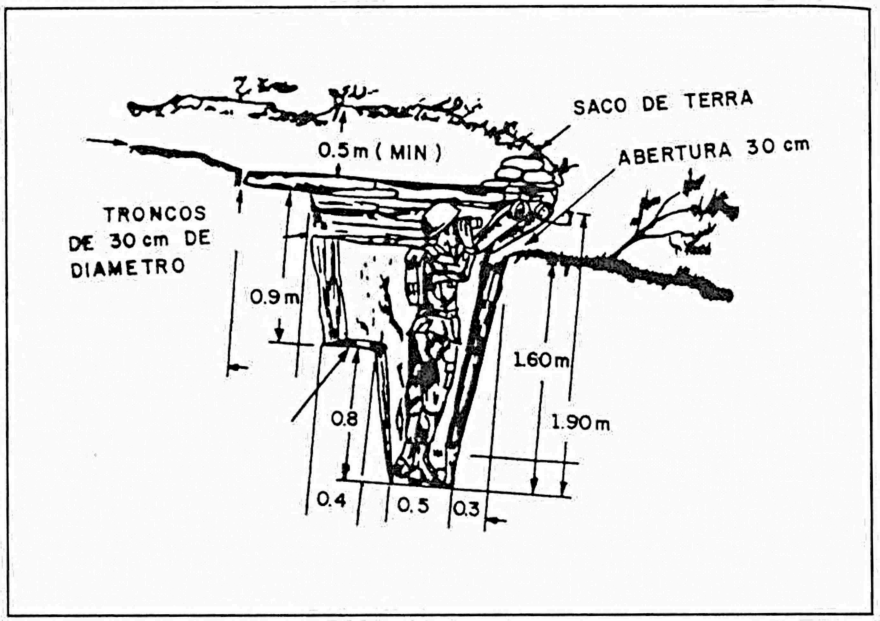



Fig 4-5. Posto de observação (PO)

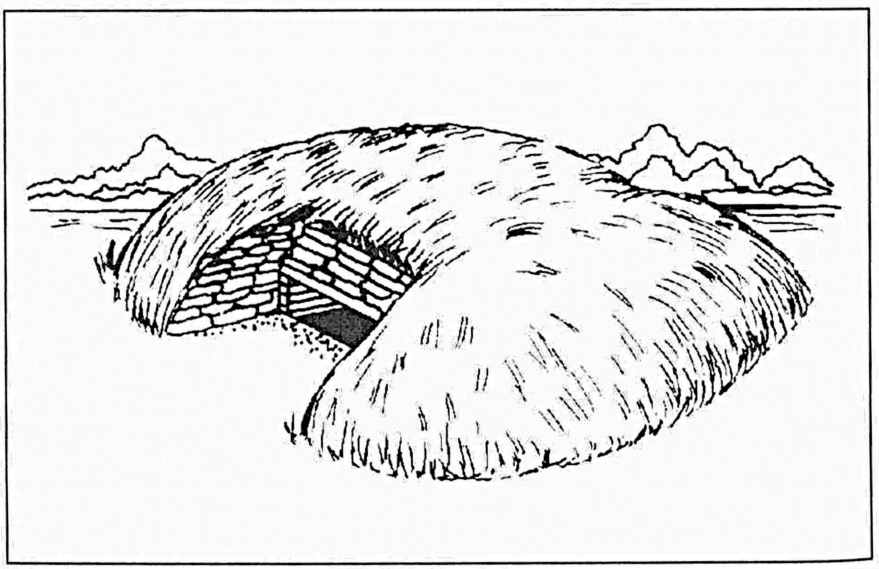


Fig 4-6. Posto de comando enterrado

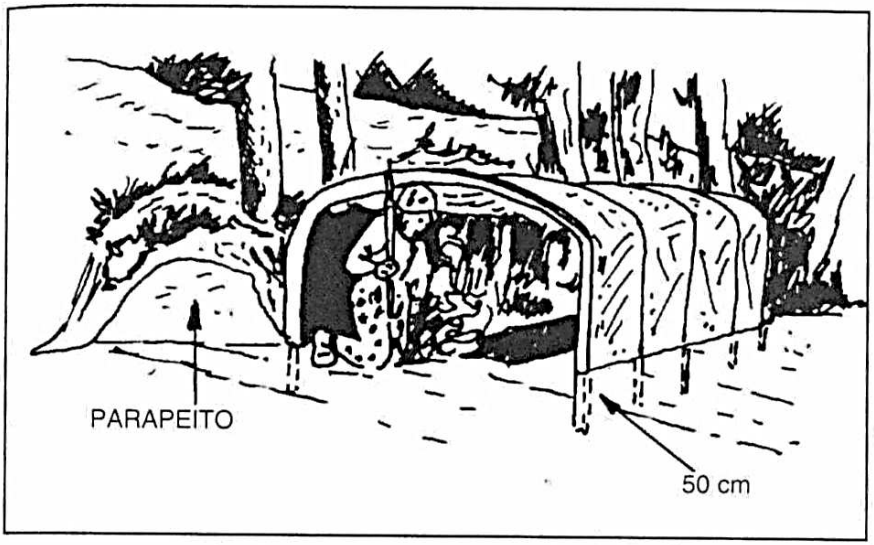



Fig 4-7. Posto de comando improvisado

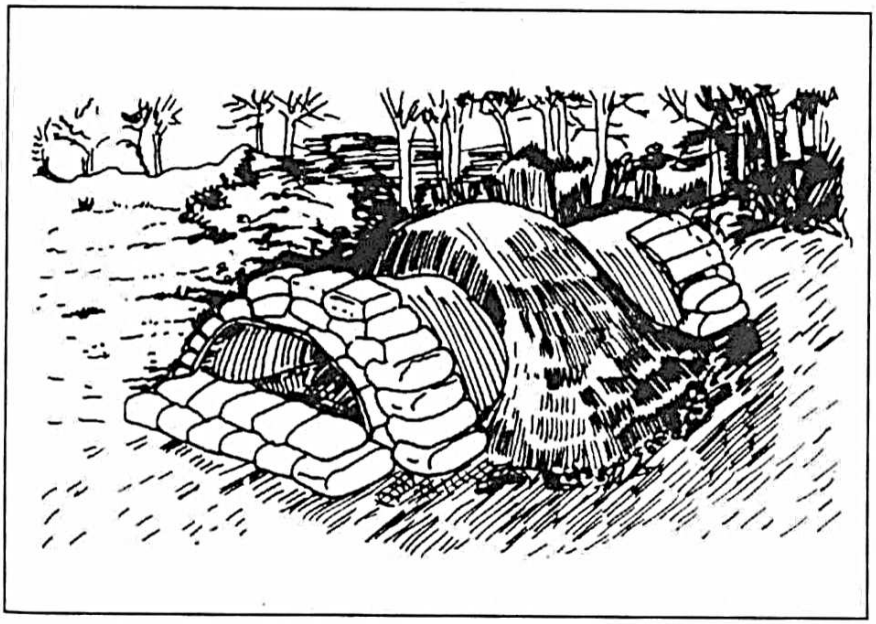


Fig 4-8. Posto de comando de tubo de aço

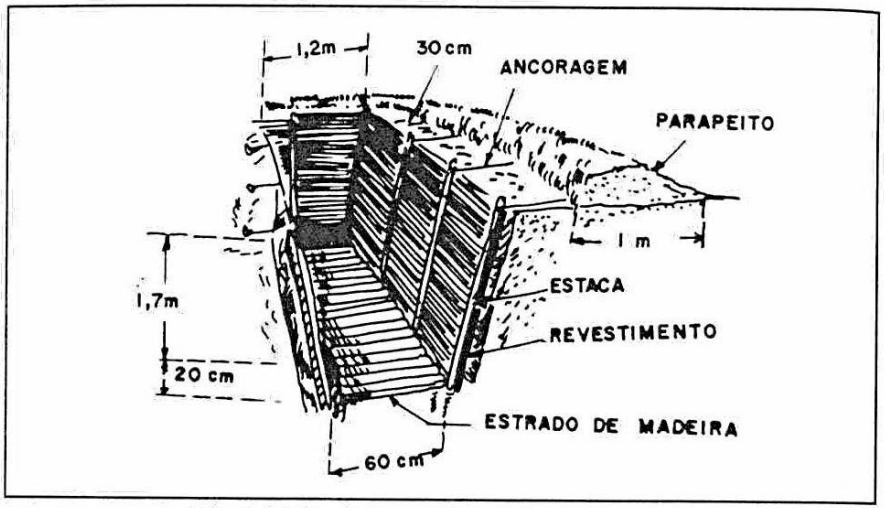



Fig 4-9. Trincheira normal com escoramento

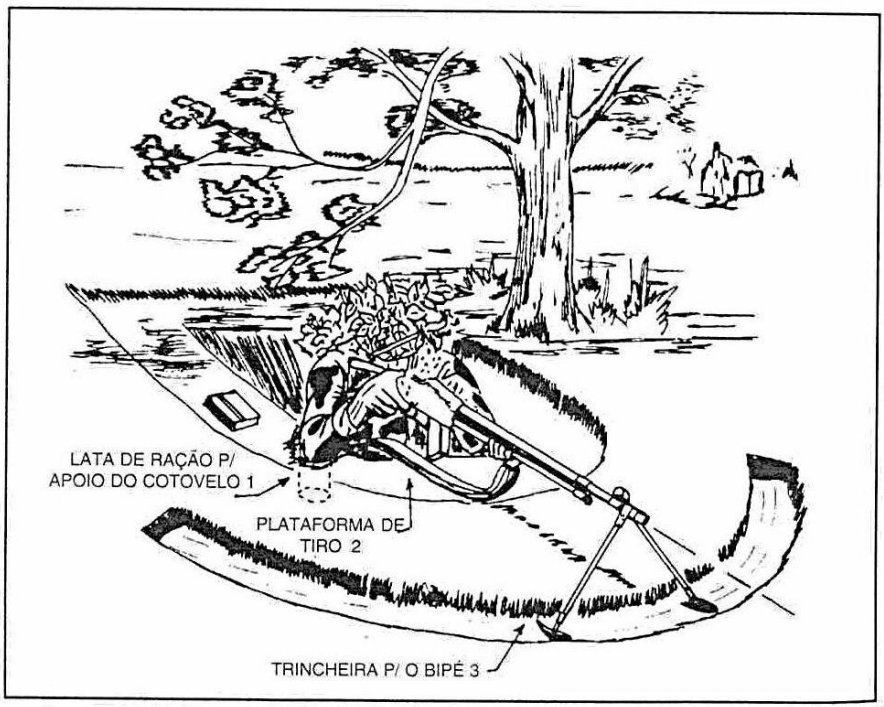



Fig 4-10. Espaldão para FM

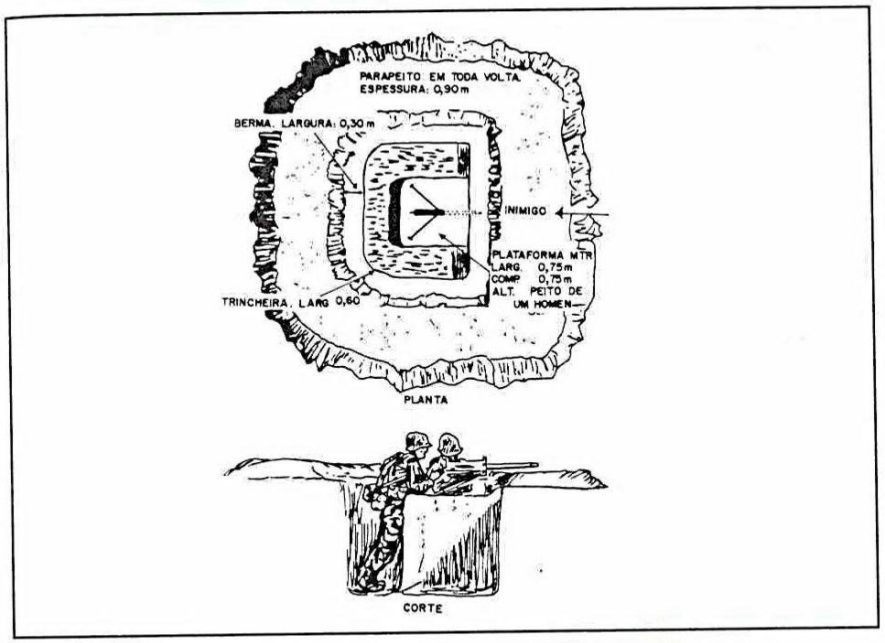



Fig 4-11. Espaldão para Mtr leve tipo ferradura

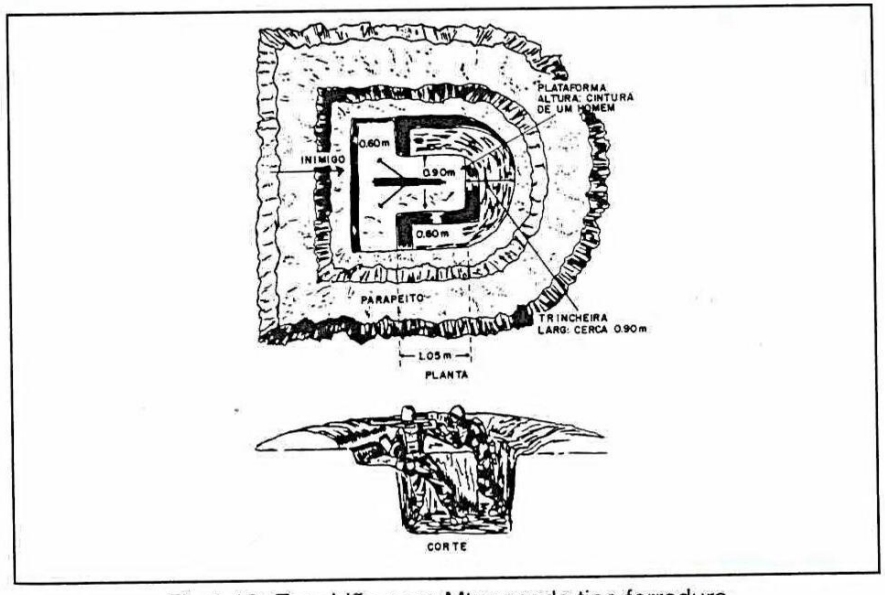



Fig 4-12. Espaldão para Mtr pesada tipo ferradura

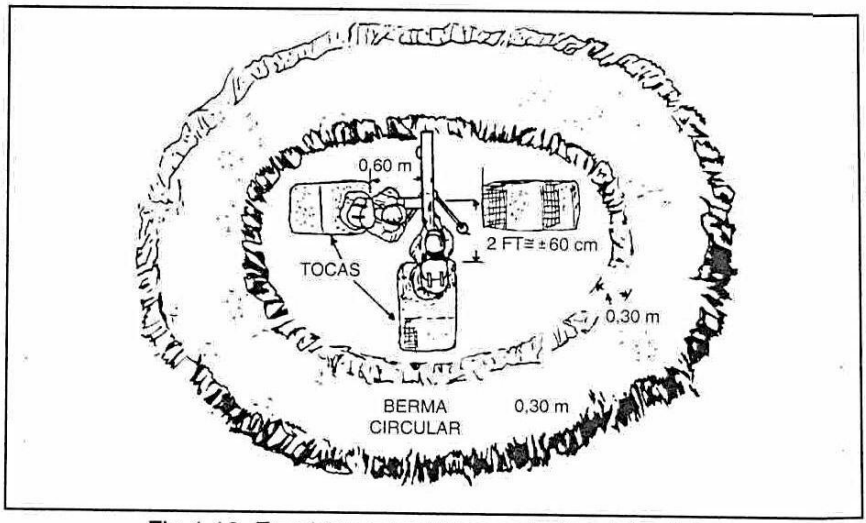



Fig 4-13. Espaldão para Mtr pesada tipo três abrigos

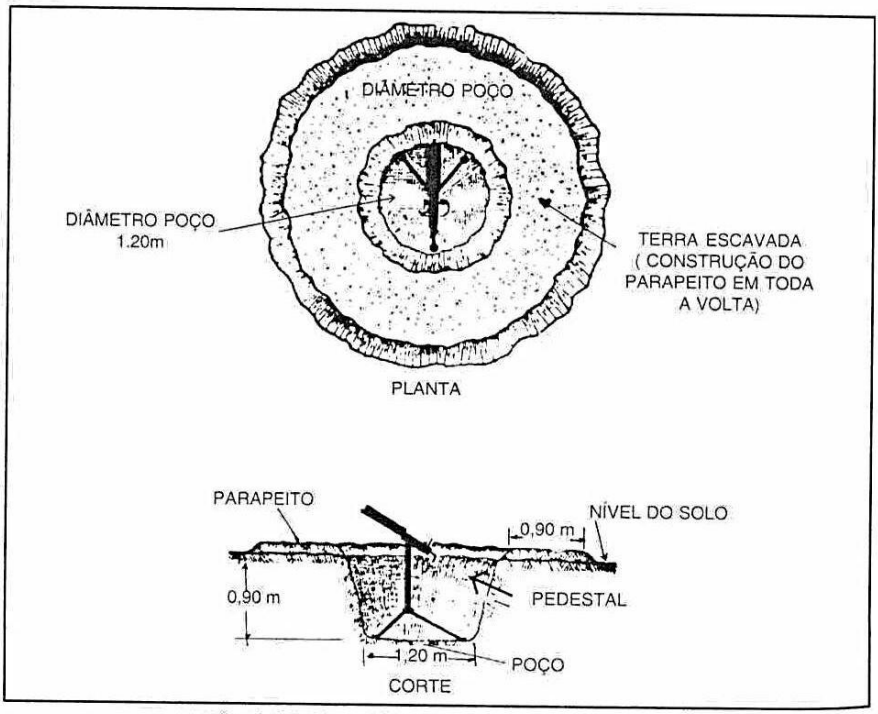



Fig 4-14. Espaldão AAe para Mtr pesada

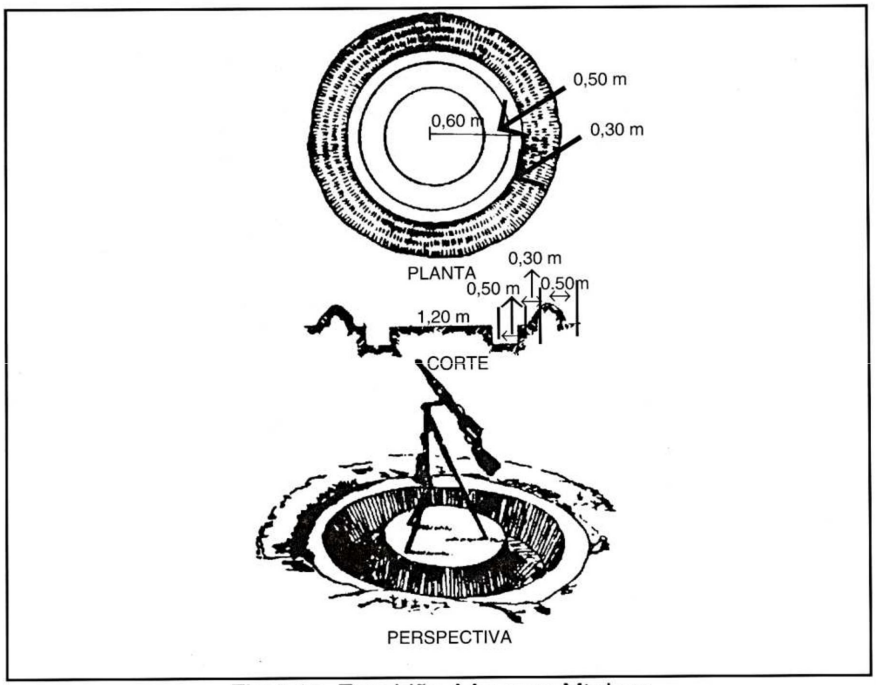



Fig 4-15. Espaldão AAe para Mtr leve

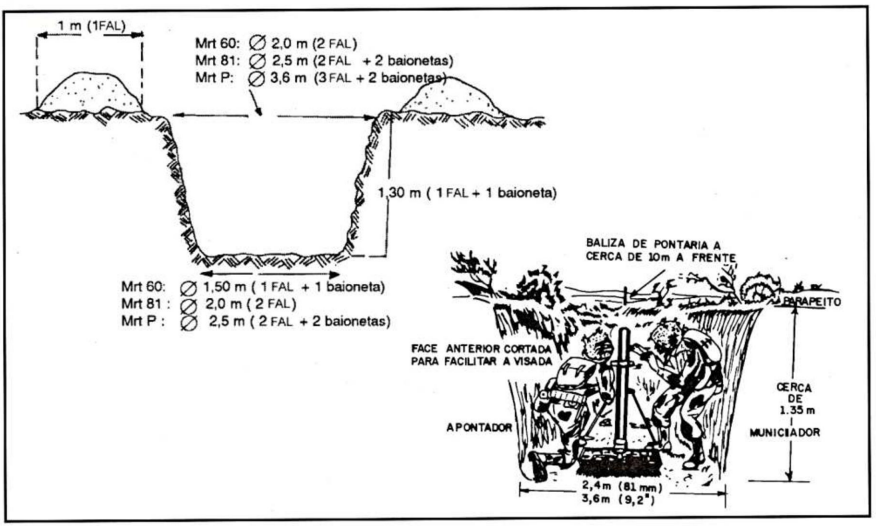



Fig 4-16. Espaldão para Mrt tipo aberto

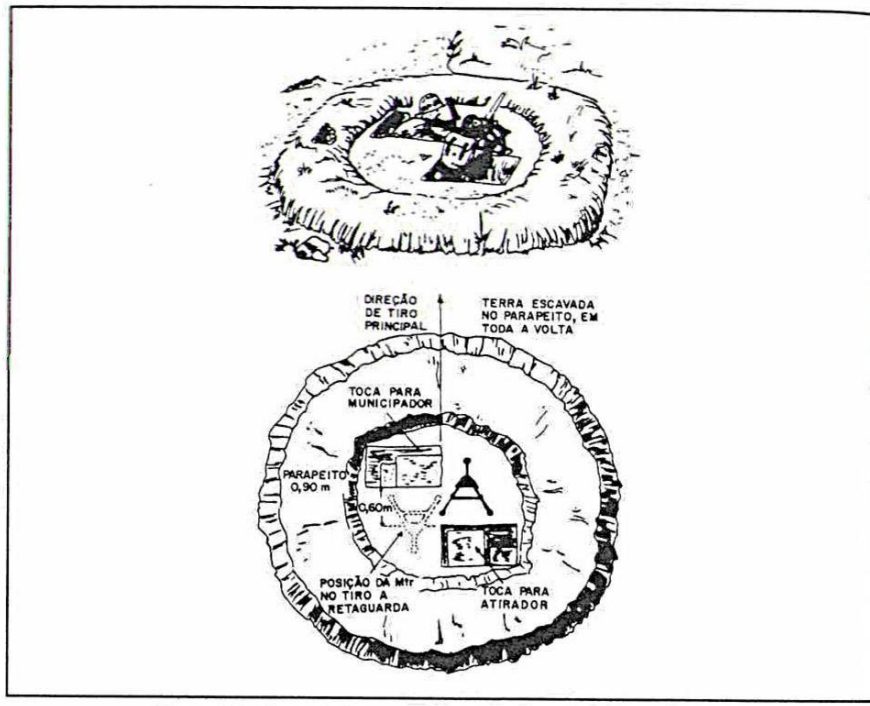



Fig 4-17. Espaldão para Mrt leve tipo dois abrigos

Fig 4-18a. Espaldão para lança rojão - tipo poço

Fig 4-18b. Espaldão para Lança rojão - poço e abrigo

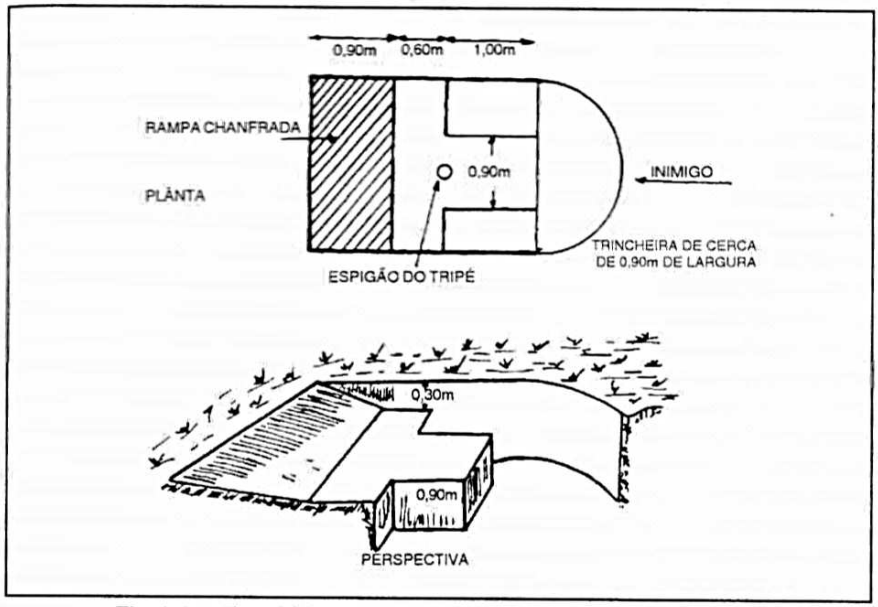



Fig 4-19. Espaldão para canhão sem recuo, tipo ferradura

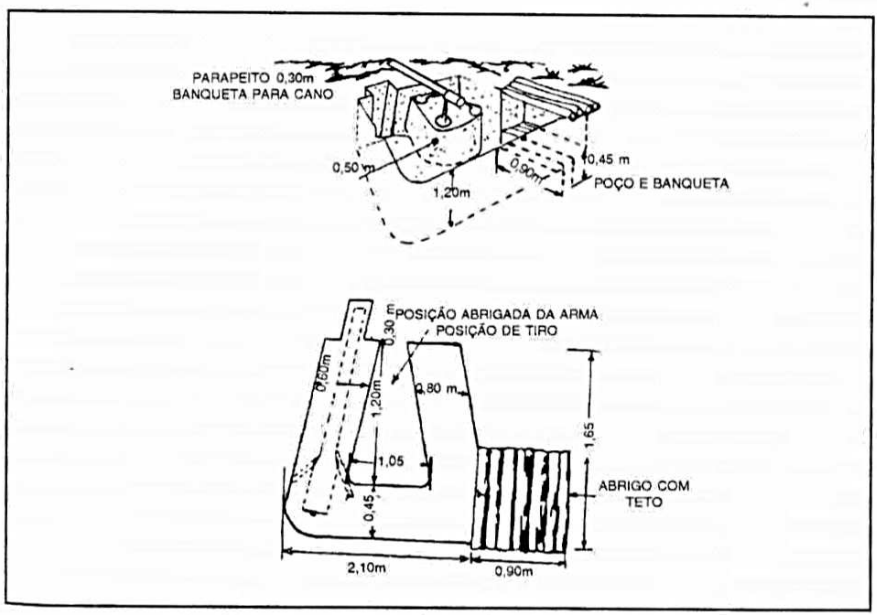



Fig 4-20. Espaldão para canhão tipo trapezoidal

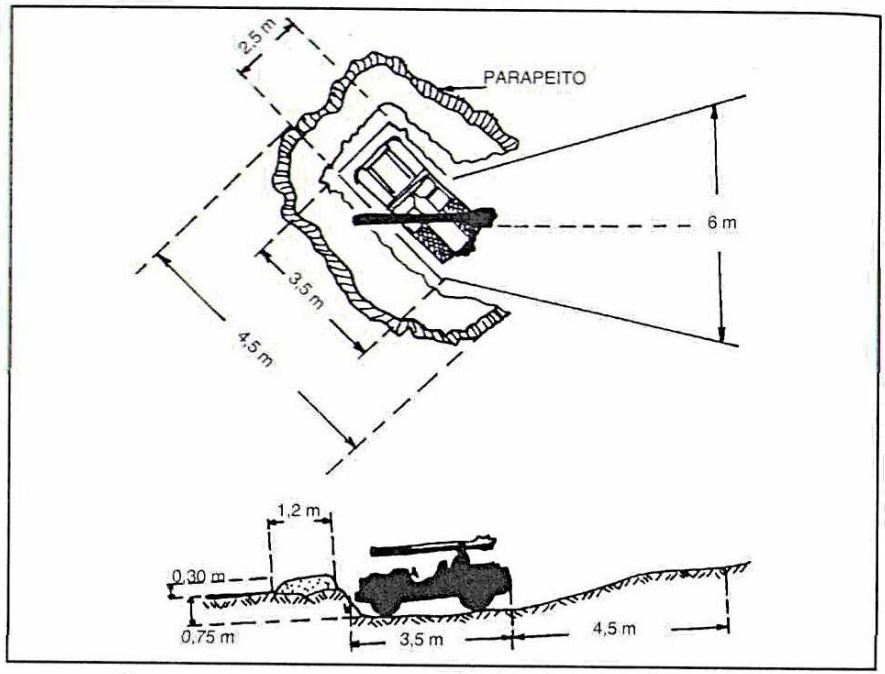



Fig 4-21. Espaldão para canhão sem recuo, sobre Vtr leve

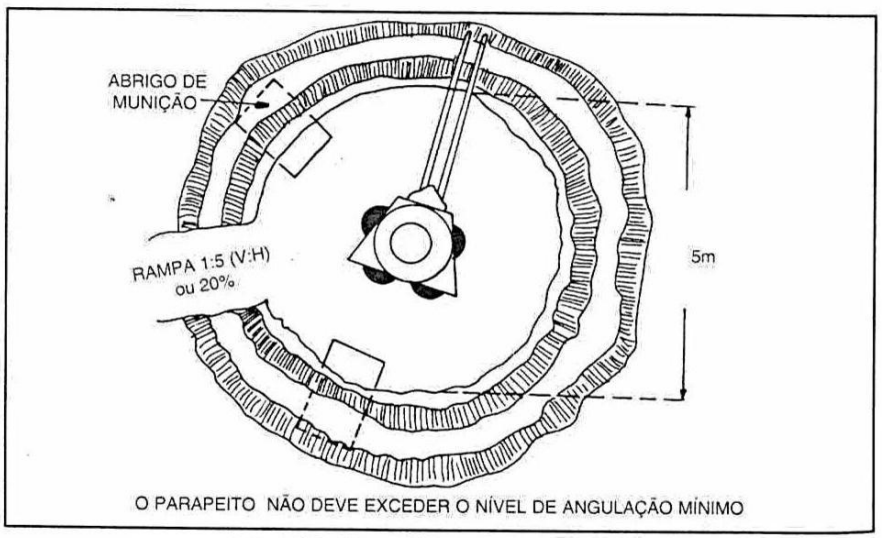



Fig 4-22. Espaldão para canhão AAe

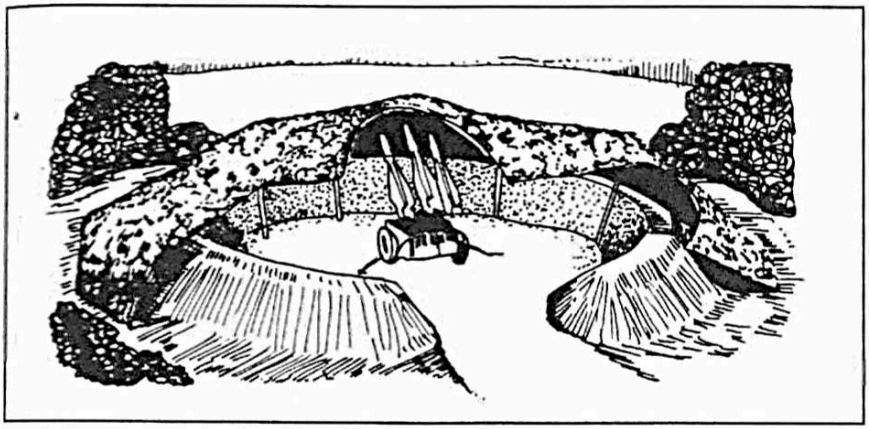


Fig 4-23. Espaldão para míssil AAe

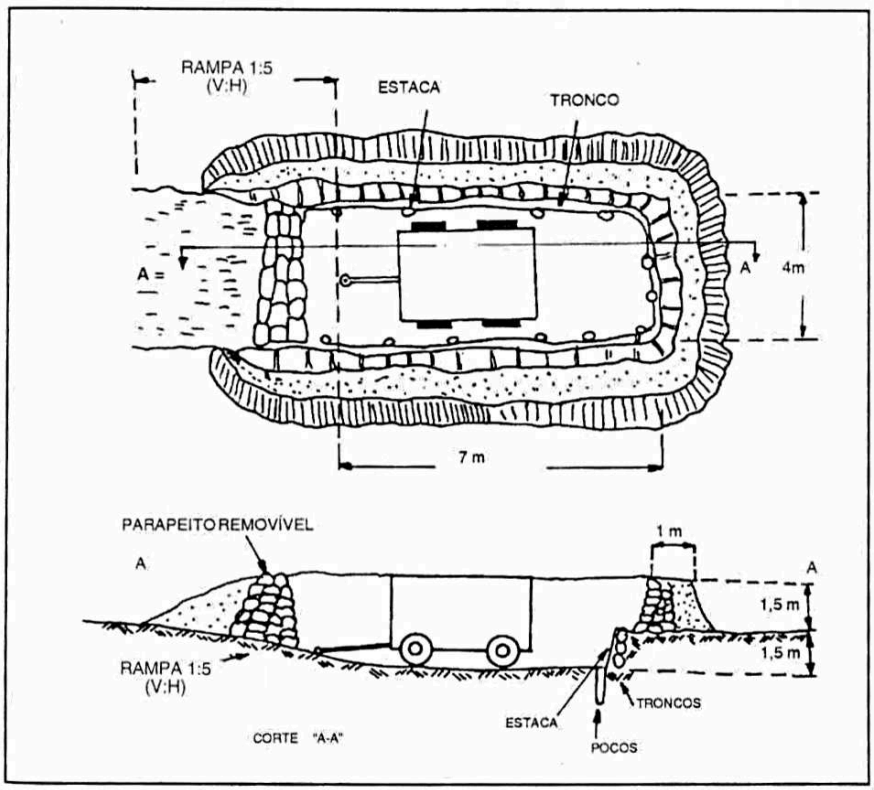



Fig 4-24. Espaldão para radares e diretores de tiro

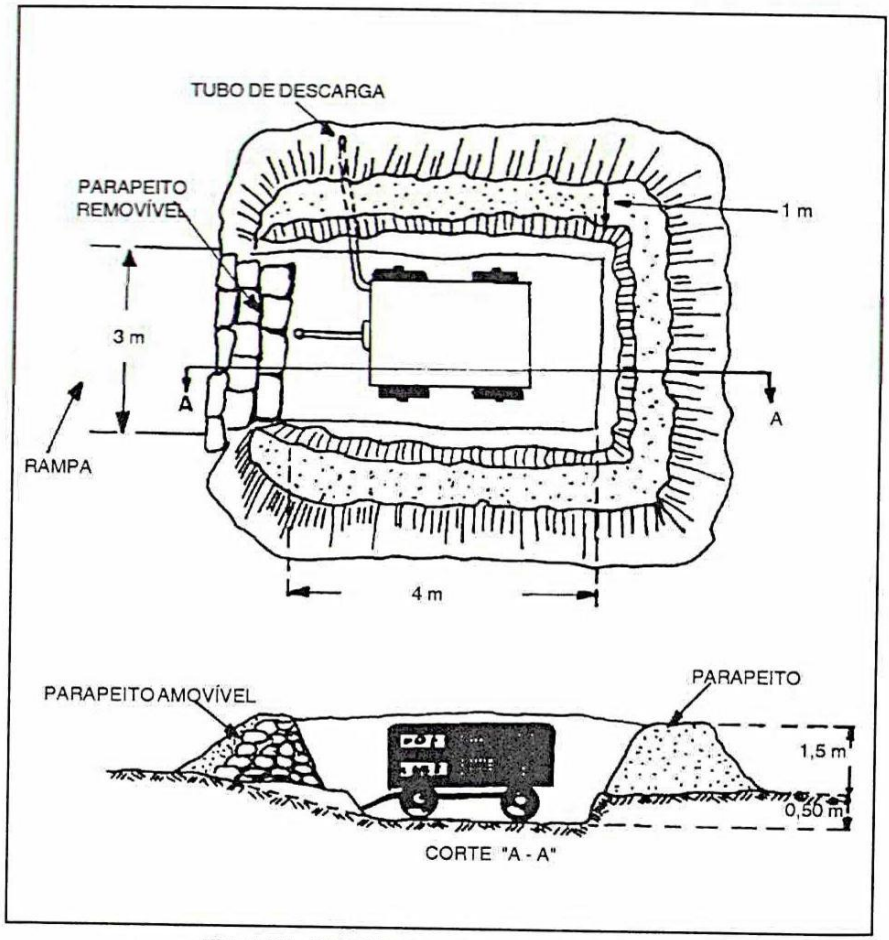



Fig 4-25. Espaldão para grupos geradores

**OBSERVAÇÃO** - Além de suas duas missões principais (campos de tiro, abrigos e cobertas), os entrincheiramentos e espaldões servem, tanto quanto possível, para proporcionar proteção contra os ataques de blindados. Pedras ou outros materiais duros não devem ser deixados nas bordas ou proximidades de uma posição enterrada, pois sob o peso do carro tais materiais fazem desabar as paredes da mesma.

## ARTIGO II

## OBSTÁCULOS

### 4-5. GENERALIDADES

**a. Definição** - Qualquer acidente do terreno, condição de solo ou de ambiente, existente ou resultante de fenômeno meteorológico adverso, ou qualquer objeto, obra ou situação criada pelo homem, exceto o fogo das armas, utilizado para canalizar, retardar ou impedir o movimento inimigo, numa determinada direção.

**b. Classificação**

(1) Naturais

(2) Aritificiais

### 4-6. OBSTÁCULO DE ARAME

**a. Tipos de redes de arame** - As redes de arame são classificadas em táticas, de proteção e suplementares.

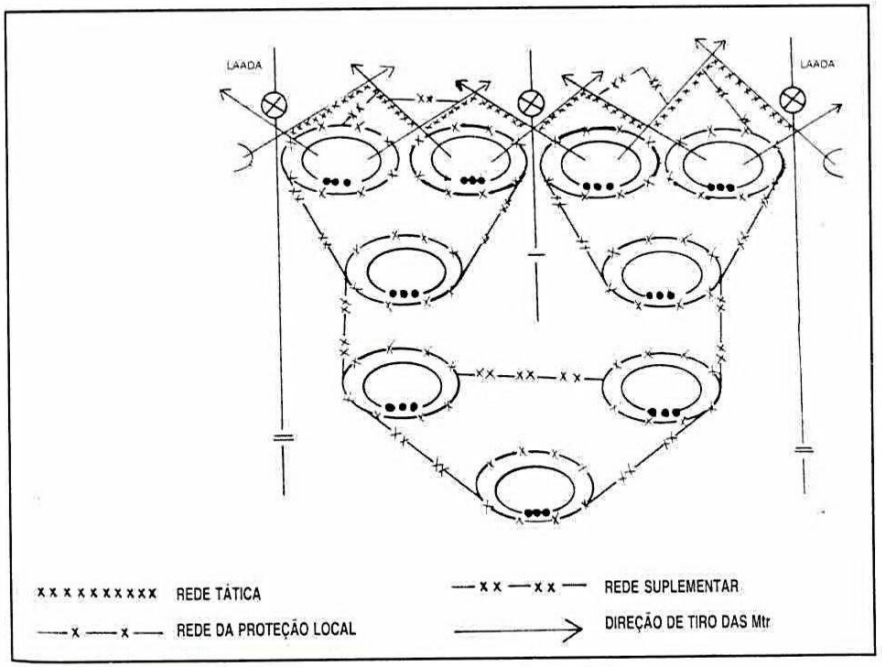



Fig 4-26. Rede de arame da Z Aç/Btl

### b. Necessidades mínimas em arame para uma posição defensiva de batalhão

| REDE | DENSIDADE E VALOR | EXTENSÃO MÍNIMA |
|---|---|---|
| TÁTICA | Uma linha de:<br>- Rede de dupla inclinação, ou<br>- Concertina tríplice, ou<br>- Rede alta | 1,25 vezes a extensão da frente |
| PROTEÇÃO LOCAL | Uma linha de:<br>- Cerca de 4 fios. Ou qualquer outro tipo. | 5 vezes a extensão da frente. |
| SUPLEMENTAR | Correspondente ao tipo de rede a suplementar. | |

**OBSERVAÇÃO**

(1) A extensão da frente é tomada em linha reta e entre os pontos limites.
(2) A concertina tríplice e a rede alta são mais eficazes que a rede de dupla inclinação.
(3) Numa posição de defesa as redes de proteção são construídas em torno dos redutos ou núcleos para evitar os ataques de surpresa.
(4) As instalações de retaguarda podem ser cincundadas por redes de proteção.
(5) No cálculo das necessidades mínimas, abater a extensão relativa às chicanas que serão deixadas. Cada chicana tem normalmente 20 m.

Tab 4-5. Redes de arame

### c. Material para redes de arame

| DISCRIMINAÇÃO | PESO (kg) | COMPRIMENTO (m) | CARGA DE UM HOMEM | |
|---|---|---|---|---|
| | | | QUANTIDADE | PESO (kg) |
| Bobina de arame farpado | 48 | 366,00 | 1/2 | 24 |
| Boneca | 4 – 5 | 30,00 | 4 – 6 | 16 – 30 |
| Concertina comum de arame farpado | 25 | 15,00 | 1 | 25 |
| Concertina de arame farpado improvisada | 14 | 6,00 | 1 | 14 |
| Estacas de parafusos: | | | | |
| - Longas | 4 | 1,50 | 4 | 16 |
| - Médias | 3 | 0,80 | 6 | 18 |
| - Curtas | 2 | 0,50 | 8 | 16 |
| Estacas em U: | | | | |
| - Extra-longas | 7 | 2,40 | 3 – 4 | 21 – 28 |
| - Longas | 4,5 | 1,50 | 4 | 18 |
| - Médias | 3 | 0,80 | 6 | 18 |
| - Curtas | 2 | 0,60 | 8 | 16 |
| Estacas de madeira (diâmetro): | | | | |
| - Extra-longas (0,08 a 0,10 m) | 8 – 12 | 2,10 | 2 | 16 – 24 |
| - Longas (0,08 a 0,10 m) | 5 – 7 | 1,50 | 3 | 15 – 21 |
| - Curtas (0,05 a 0,08 m) | 2 – 3 | 0,75 | 8 | 16 – 24 |

Tab 4-6. Material para redes de arame

**d. Material e mão-de-obra para construção de 300 m dos vários tipos de redes de arame**

| TIPOS DE REDE | ESTACAS | | | | BOBINAS DE 360 m (1) | CONCERTINAS | GRAMPOS | PESO POR m LINEAR DE REDE (2) | H.h NECESSÁRIOS PARA 300 m DE REDE (3) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | EXTRA-LONGAS | LONGAS | MEDIAS | CURTAS | | | | | |
| Rede normal (4 x 2 passos) | | 100 | | 200 | 14 - 15 | | | 4,5 | 60 |
| Rede normal (6 x 3 passos) | | 68 | | 134 | 13 - 14 | | | 3,2 | 50 |
| Rede (menos os estais) | | 200 | | | 17 - 20 | | | 5,5 | 80 |
| Rede baixa (4 x 2 passos) | | | 100 | 200 | 10 | | | 3,5 | 50 |
| Cerca de 4 fios | | 100 | | 2 | 3 - 4 1/2 | | | 2,0 | 20 |
| Concertina tríplice (improvisada) | 50 | 100 | | 6 | 4 | 150 | 300 | 10,0 | 100 |
| Concertina tríplice (comum) | | 160 | | 4 | 3 | 60 | | 8,0 | 30 |

**OBSERVAÇÃO**
(1) O número mais baixo de bobina aplica-se quando são usadas estacas de parafuso; o número mais alto, quando são usadas em U. Acrescente-se a diferença entre os dois números ao maior quando forem usadas estaca de madeira.
(2) Peso médio, quando forem usadas quaisquer estacas metálicas regulamentares.
(3) Exceto para a concertina tríplice (improvisada), os homens-hora são baseados no uso de estacas de parafuso. Quando forem estacas retas, acrescentem-se 20% ao número de homens-hora. Com tropas experimentadas, reduz-se o número de homens-hora de um terço. Aumente-se o número de homens-hora de 50% para trabalhos à noite.

Tab 4-7. Material e mão-de-obra para redes de arame

## e. Construção de uma cerca de concertina tríplice

(1) Turma de construção - varia de 1 grupo (8 a 11 homens), para pequenos trechos, a 1 pelotão completo, para 300 m de cerca. Empregando-se 1 grupo para cada 100 m de cerca, obtém-se os melhores resultados.

(2) Execução

| SUBTURMAS | 1ª OPERAÇÃO | 2ª OPERAÇÃO |
|---|---|---|
| Um terço da turma de construção | Distribui as estacas, começando pela fileira anterior. O primeiro homem coloca a estaca de fixação inicial a dois passos da primeira estaca longa e de 5 em 5 passos marca o lugar de uma estaca longa. A estaca de fixação final é transportada pelo último homem, que a coloca a 2 passos da última estaca longa. | Abre e instala as concertinas, iniciando pelas da fileira anterior. Logo que a primeira concertina estiver instalada na fileira anterior, 2 homens começarão a estender o fio horizontal anterior. Proceder da mesma forma na fileira posterior. Quando a primeira concertina da fileira de cima estiver instalada, 2 homens começarão a prender as concertinas de cima ao fio horizontal posterior. |
| Um terço da turma de construção | Crava as estacas da fileira anterior. Volta ao ponto inicial e crava as estacas da fileira posterior. | |
| Um terço da turma de construção | Coloca os rolos de concertinas na fileira anterior à frente da terceira estaca e, a partir daí, de 4 em 4. Volta ao início da fileira posterior e coloca dois rolos de concertinas. Solta os atilhos que mantêm os rolos fechados, logo que colocados no solo. | |
| Chefe da Turma | Reparte as tarefas à medida que o trabalho progride, para garantir que o mesmo se desenvolva com o melhor rendimento. | |

Tab 4-8. Construção de uma cerca de concertina tríplice (Fig 4-27)

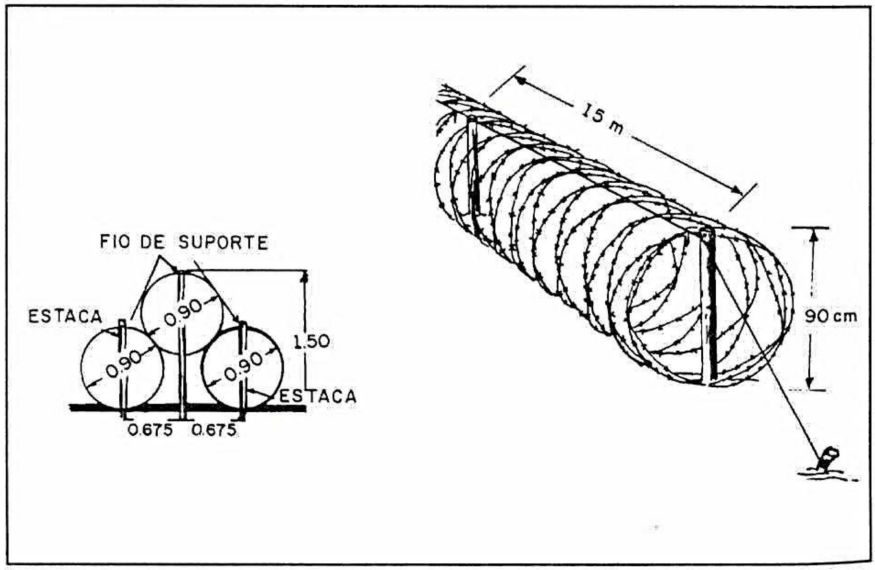



Fig 4-27. Rede de concertina tríplice

## f. Construção de uma rede normal de 4 x 2 passos

(1) Turma de construção - varia de 1 grupo (8 a 11 homens), para pequenos trechos, a 1 pelotão completo, para 300 m de rede. Os melhores resultados são obtidos com o emprego de 1 grupo para cada 100 m de rede.

(2) Execução.

| SUBTURMAS | 1ª OPERAÇÃO | 2ª OPERAÇÃO |
|---|---|---|
| Um terço da turma de construção | Distribui as estacas longas. O 1º homem marca os locais dessas estacas, à distância de 4 passos, e coloca as demais estacas. | Quando a primeira operação estiver concluída, os homens deslocar-se-ão individualmente para o local inicial do trabalho e constituirão equipes para colocar os fios. A primeira equipe coloca o fio diagonal anterior e as equipes seguintes colocam os fios seguintes na ordem numérica. Os homens trabalham em equipes de 2 e 4, em função do pessoal disponível. Quando 4 trabalham numa equipe, 2 transportam o arame e 2 fazem as amarrações. |
| Um terço da turma de construção | Distribui as estacas de fixação, inclusive as das extremidades | |
| Um terço da turma de construção | Crava as estacas. Metade crava as estacas da rede anterior; a outra metade crava as estacas longas. Em seguida, toda a subturma crava as estacas da rede posterior. | |
| Chefe da turma | Fiscalização geral | |

Tab 4-9. Construção de uma rede normal de 4 x 2 passos (Fig 4-28)

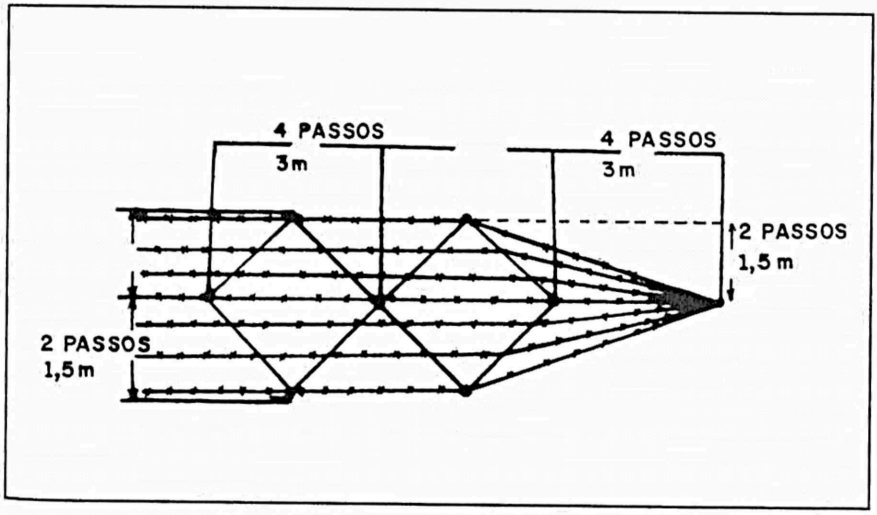



Fig 4-28. Rede normal de 4 x 2 passos

## g. Construção de uma rede alta

(1) Turma de construção - varia de 1 grupo (8 a 11 homens), para pequenos trechos, a 1 pelotão completo, para 300 m de rede. Os melhores resultados são obtidos empregando-se 1 grupo para cada 100 m de rede.

(2) Execução

| SUBTURMAS | 1ª OPERAÇÃO | 2ª OPERAÇÃO |
|---|---|---|
| Dois terços da turma de construção | Distribui as estacas iniciando pelas da primeira fileira. O primeiro homem marca os locais da estaca da primeira fileira. As estacas da fileira posterior devem ser colocadas correspondendo ao meio do intervalo entre as estacas da primeira fileira. | Assim que a primeira operação estiver terminada, os homens devem deslocar-se, individualmente, para o local inicial do trabalho e começarão a colocar os fios. A primeira equipe coloca o fio mais baixo da cerca anterior e as outras equipes colocam os demais fios, na ordem numérica. Os homens trabalham em equipes de 2 e 4, em função do pessoal disponível. Quando 4 trabalham numa equipe, 2 transportam o arame e 2 fazem as amarrações. |
| Um terço da turma de construção | Crava as estacas. Metade crava as estacas da rede anterior; a outra metade crava as estacas longas. Em seguida, toda a subturma crava as estacas da rede posterior. | |
| Chefe da turma | Fiscalização geral | |

**NOTA**: Para aumentar a solidez da rede devem ser colocados estais, quando o tempo permitir.

Tab 4-10. Construção de uma rede alta (Fig 4-29)

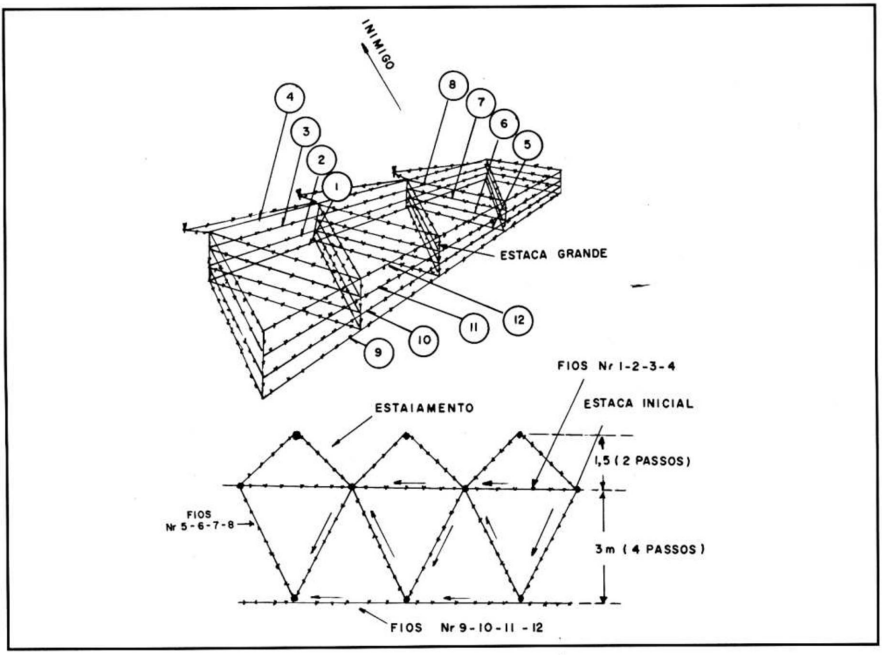



Fig 4-29. Rede alta

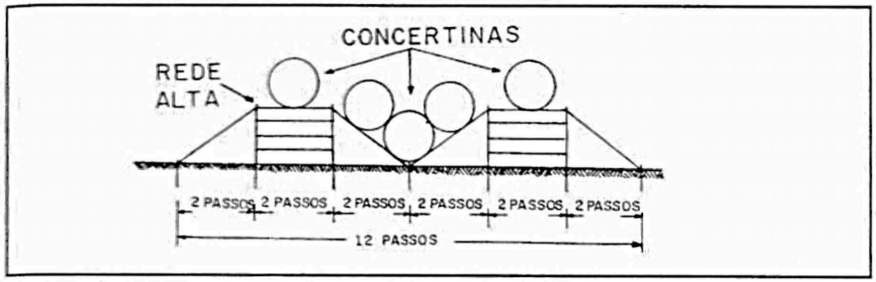



Fig 4-30. Rede Combinada

## 4-7. OBSTÁCULOS DIVERSOS

### a. Campo de estacas (100 m)

| TIPO | ESTACAS (1,80 m) | H.h | Pel. h. |
|---|---|---|---|
| Campo de 4 fileiras, estacas de madeira espaçadas em cada fileira de 1,00 m a 1,20 m: | | | |
| - Com bate-estacas mecânico | 80 | 1.050 | 35 |
| - Com escavadeira mecânica | 80 | 150 | 5 |
| - Com escavadeira portátil | 80 | 800 | 27 |
| - Com ferramenta manual | 80 | 2.100 | 70 |
| OBSERVAÇÃO: empregar 2400 m de arame farpado | | | |

Tab 4-11. Campo de estacas

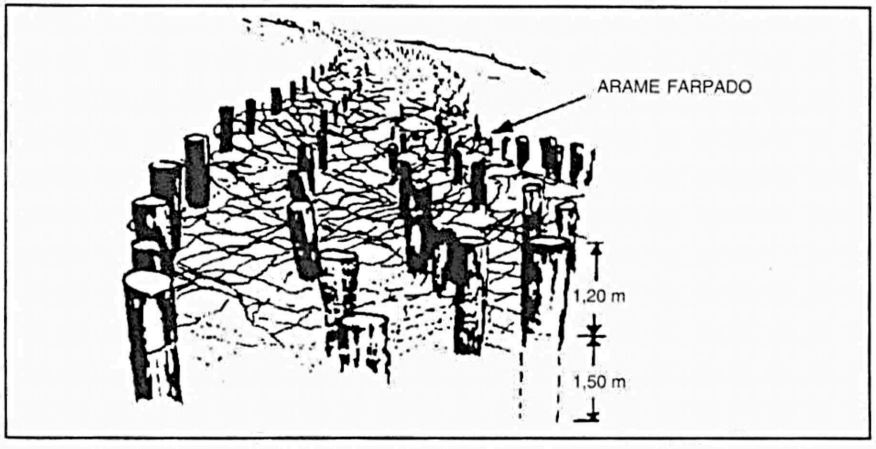



Fig 4-31. Campo de estacas

### b. Fosso AC (100 m)

| TIPO DE FOSSO | Pel E com ferramenta manual | Escavadeira com 2 operadores e 1/2 a 1 GE para acabamento |
|---|---|---|
| Fosso Triangular (3.90 x 1,50 m) | | |
| - Terreno frouxo | 5 Pel.h | 3 horas |
| - Terreno médio | 8 Pel.h | 4,5 horas |
| - Terreno consistente | 10 Pel.h | 8 horas |
| Fosso Trapezoidal | | |
| - Terreno frouxo | 10 Pel.h | 4 horas |
| - Terreno fédio | 14 Pel.h | 9 horas |
| - Terreno consistente | 20 Pel.h | 12 horas |
| - Taludagem contra carro leve e médio | 2 Pel.h | 1,5 horas |
| - Taludagem contra carro pesado | 3 Pel.h | 2 horas |

Tab 4-12. Fosso AC (100 m)

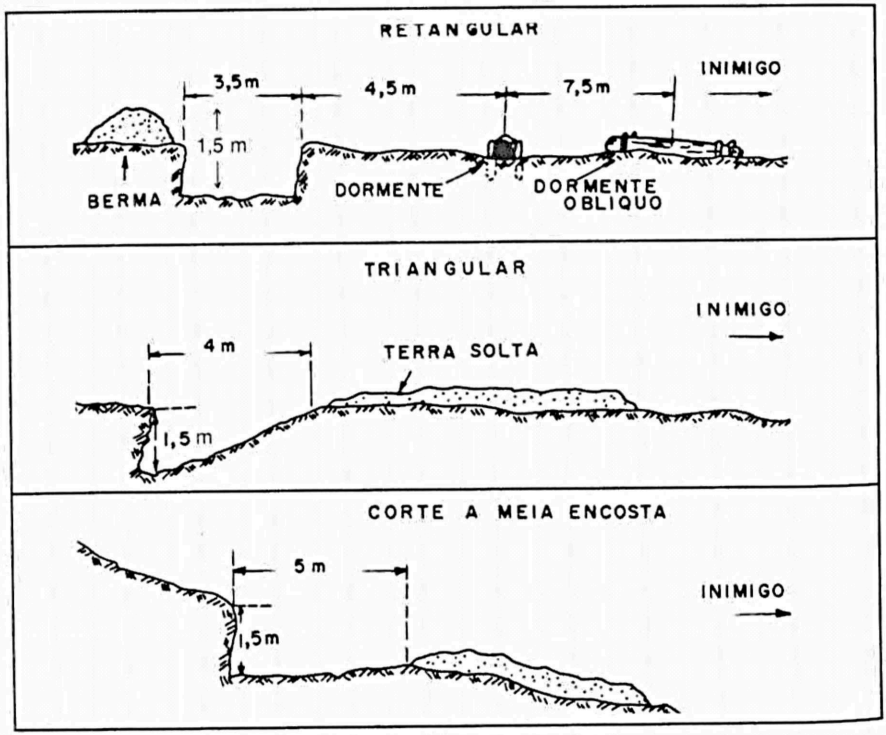



Fig 4-32. Tipos de fosso AC

**c. Destruição de pontes e bueiros e abertura de crateras em estradas**

| TIPO | RENDIMENTO | EXPLOSIVO TNT (kg) |
|---|---|---|
| CRATERAS EM ESTRADAS | | |
| - Tipo normal (profundidade 2,50 m) (largura 7,50 m) | 2 Gp.h | 150 |
| - Tipo rápido (profundidade 2,25 m) (largura 7,50 m) | 1 Gp.h | 120 |
| DESTRUIÇÃO DE BUEIRO | | |
| (até 4,50 m de profundidade e largura de 12,00 m) ..... | 1 Gp.h | 700 |
| DESTRUIÇÃO DE PONTE ..... | 2 Pel.h | 181 |
| **OBSERVAÇÕES**<br>**- Em bifurcação, tomar o dobro do rendimento e do material**<br>**- Em cruzamento, tomar o quádruplo do rendimento e do material**<br>**- Para ativação, em média, 10 minas AP e 40 AC, com um rendimento (colocação de minas) de 10,5 H.h** | | |

Tab 4-13. Destruição de pontes e bueiros, abertura de crateras

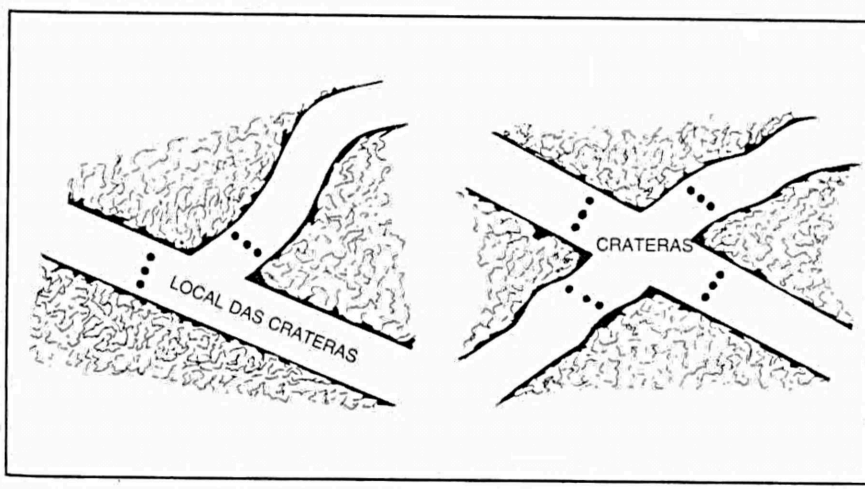



Fig 4-33. Posição das crateras

## d. Outros obstáculos

| TIPO | QUANTIDADE | H.h | Observação |
|---|---|---|---|
| Agravamento de curso de água (minar - taludar - farpar) | | | |
| - 1 margem | 80 m | 18 | - |
| - 2 margens | 80 m | 36 | - |
| Muros de troncos de árvores (AC) | 100 m | 9.000 | - |
| Abatizes locais de 15 m de largura | 100 m | 400 | - |
| Contaminação com gases persistentes (quando autorizada) de 1 Km de estradas | Ignição com espoleta de tempo ou elétrica | Variável | A turma é acompanhada de 1 Vtr de 1 1/2 t c/ 200 minas |
| - 124 minas químicas por Km | Variável | Variável | |
| - Durante o dia com turma de 8 homens | 1 km | 2 horas | |
| - À noite com a mesma turma | 1 km | 3 horas | |
| Contaminação de obstáculos (quando autorizada), para impedir a sua remoção. | Uma ou mais minas químicas por obstáculo | | |
| Contaminação de zonas como parte do plano de barreiras | Pulverização por avião. Área média coberta por um avião: 730 x 73 m | | |
| Bloqueio de estradas | Variável com o tipo de bloqueio. | | |
| - 1 cada 1,50 Km de estrada | Tomar os dados de cratera, muros, abatizes ou minas | | |

Tab 4-14. Obstáculos diversos

## ARTIGO III

## CAMUFLAGEM

### 4-8. PRINCÍPIOS

| Princípios | Definição | Fatores a serem observados |
|---|---|---|
| Escolha da Posição | A posição deverá ser escolhida de tal forma que exija o mínimo de alterações no terreno, aproveitando-se as coberturas naturais e locais desenfiados. Contudo, a escolha da posição não deverá prejudicar o cumprimento da missão. | - Fundo que absorva a visibilidade dos elementosda posição.<br>- Evitar alterações na aparência do meio ambiente.<br>- Evitar pontos característicos isolados.<br>- Utilizar as irregularidades do terreno. |
| Disciplina da Camuflagem | Compreende o cuidado em evitar atividades que alterem a aparência de uma área, ou revelem objetivos militares ao inimigo. Uma posição bem camuflada só oferecerá segurança se sua manutenção for cuidadosamente atendida. A camuflagem não poderá inspirar confiança, quando pegadas e trilhas denunciam uma posição, ou quando são evidentes, nas suas vizinhanças, outros sinais de ocupação da posição. | - Utilizar caminhos naturais do terreno.<br>- Os caminhos não devem terminar na posição.<br>- Camuflar os sulcos expostos.<br>- Camuflar detritos e terra escavada.<br>- Dispersar fumaça.<br>- Obedecer disciplina de luzes e ruídos.<br>- Cuidado com o brilho dos pára-brisas, faróis, espelhos retrovisores.<br>- Dispersar as viaturas. |
| Construção da Camuflagem | Deverá ser empregada sempre que a posição necessitar de meios adicionais para sua camuflagem. | - Empregar materiais naturais e artificiais que se harmonizem com o terreno circunvizinho. Dar preferência aos materiais naturais. |

Tab 4-15. Princípios da camuflagem

| FATORES | | |
|---|---|---|
| Brilho<br>Cor | Sombra<br>Forma<br>Tonalidade | Textura<br>Movimento |

Tab 4-16. Fatores de identicação da camuflagem

### 4-9. PROCESSOS DE CAMUFLAGEM

| Processos | Definição |
|---|---|
| Mascaramento | Consiste em ocultar completamente um objeto utilizando-se dos meios existentes no local. |
| Simulação | É o emprego de qualquer meio ou medida para iludir, desviar a atenção ou conduzir o inimigo a um julgamento errôneo sobre qualquer instalação, equipamento ou atividade. |
| Dissimulação | Compreende o ocultamento, as medidas que evitem uma observação facilitada, a colocação de artifícios que obstruam a observação, ludibriem e mascarem. |

Tab 4-17. Processos de Camuflagem

## 4-10. MATERIAIS

| CLASSIFICAÇÃO | TIPOS | CARACTERÍSTICAS |
|---|---|---|
| Naturais | Vegetação Viva | Necessita um mínimo de manutenção,contudo seu plantio ou transplante requer tempo, mão-de-obra especializada e uma irrigação adequada, principalmente nos primeiros estágios. As características da vegetação viva para fins de camuflagem, os tipos de vegetação e as técnicas de transplante são apresentadas no C 5-22. |
| | Vegetação Cortada | Necessita de manutenção e deve ser escolhido um tipo de vegetação que permaneça viçoso por vários dias, não mude de cor e não murche em poucas horas. Os princípios de seleção, as características das espécies e a descrição de alguns preparados para preservar as características da folhagem são apresentados no C 5-22. |
| | Substâncias Inertes | Areia, terra, cascalho. |
| Artificiais | ..... | Os materiais artificiais de camuflagem (dedotação ou capturados) são aqueles manufaturados com a expressa finalidade de camuflagem. Tais materiais artificiais não deverão ser utilizados antes que se tenham esgotado todos os esforços para camuflar o objeto com os recursos naturais do terreno; constituem, pois, apenas uma complementação da camuflagem natural. Incluem redes, telheiros, cortinas, materiais para cortinas e suas guarnições, aniagem, panos de algodão, fibra de vidro, arame, tintas, tinturas, corantes, produtos químicos, adesivos (cimento asfáltico, asfalto dissolvido, emulsão betuminosa), materiais de textura, etc. Os materiais artificiais deverão ser previamente preparados para se harmonizarem com o terreno adjacente e resistirem às condições climáticas locais. As mudanças devidas às estações do ano poderão exigir alterações gradativas na cor ou qualidade do material empregado. |

Tab 4-18. Materiais de camuflagem

| TINTA | MATERIAIS | PREPARAÇÃO | COR | ACABAMENTO |
|---|---|---|---|---|
| Nr 1 | Terra, sabão, água, pó de carvão, parafina. | Misturar pó de carvão com parafina. Dissolver essa mistura numa solução de 30 litros d'água e 500 g de sabão. Juntar terra e mexer. | Cinzento escuro | Uniforme sem brilho |
| Nr 2 | Óleo, argila, água, gasolina, terra. | Misturar 8 litros de água com 4 de óleo e com 1 a 2 de argila. Juntar terra. Diluir com gasolina ou água. | Depende das cores das terras disponíveis | Brilhante sobre superfícies metálicas; fosco,sobre outras superfícies. |
| Nr 3 | Óleo, argila, sabão, água, terra. | Misturar 1 barra e meia de sabão com 12 litros de água. Juntar 4 litros de óleo. Adicionar 4 litros de argila emexer . Juntar terra, para dar cor. | Idem | Idem |
| **OBSERVAÇÃO:** Leite em pó e ovos , enlatados, podem ser utilizados para aumentar a consistência quer das tintas fornecidas quer das de emergência. | | | | |

Tab 4-19. Pintura de emergência

## 4-11. CAMUFLAGEM INDIVIDUAL

A camuflagem individual é o ardil usado pelo soldado no combate, para surpreender, iludir e confundir o inimigo.

| ASPECTOS | CUIDADOS A SEREM OBSERVADOS |
|---|---|
| Capacete | Deve-se desfigurar a sua forma, cor e brilho e eliminar a sombra forte e bem definida que ele projeta. Para isto, podem ser usados: pintura apropriada, folhagem fixada com elástico, tiras de borracha ou tecido grosseiro de aniagem. |
| Pele | A pele deverá ser tornada mais clara ou mais escura, conforme o caso, para harmonizar-se com a tonalidade geral do meio ambiente. As zonas brilhantes do rosto estão situadas na testa, nas maçãs do rosto, no nariz e no queixo. Essas zonas deverão receber coloração escura. As áreas sombrias do rosto, situadas ao redor dos olhos e abaixo do nariz e do queixo deverão receber coloração mais clara. Poderão ser usadas rolhas queimadas, carvão vegetal, negro de fumo e lama, como materiais para adaptar convenientemente a tonalidade da pele. A utilização de uma rede tipo mosquiteiro, para o rosto, convenientemente escurecida, é um processo eficiente para desfigurar o contorno do rosto e das orelhas. |
| Uniforme | Deve-se harmonizar com o fundo. Poderão ser usadas: pinturas, folhagens fixadas às vestes, lama, etc. |
| Equipamento | O contraste de tonalidade do equipamento de lona deve ser reduzido por meio de tintas, lama, carvão vegetal, etc. Estes materiais devem ser usados, ainda, para eliminar o brilho das partes metálicas dos equipamentos. |

Tab 4-20. Aspectos a observar na camuflagem individual

## 4-12. CAMUFLAGEM DE VIATURAS E EQUIPAMENTOS

| |
|---|
| Evitar que as viaturas estacionadas, os locais de posição e as instalações formem contornos geométricos regulares. |
| Dissimular os sulcos produzidos pelas viaturas a fim de manter a aparência normal do terreno. |
| Eliminar o brilho das viaturas. |
| Utilizar as sombras projetadas por edificações, árvores e outras. Muitas vezes as viaturas deverão ser deslocadas durante o dia para serem conservadas sob proteção das sombras. |
| Evitar que se destaquem as silhuetas de posições, equipamentos e viaturas. |

Tab 4-21. Cuidados a serem observados na camuflagem de viaturas

| MODELOS DA VIATURA | Nº DE MÓDULOS |
|---|---|
| CB, Cmdo, 6 x 6, M20 | 06 |
| CBTP, 1/2 L - M2 | 06 |
| CBTP, 1/2 LAG M2A1 | 06 |
| TNE, 1t, 4 x 4, M601 | 06 |
| TNE, 1/4t, 4 x 4, M715 | 06 |
| TNE, 1 1/2t, 4 x 4, (EE-15) | 06 |
| TNE, 2 1/2t, 4 x 4, (ENGESA - Gas) | 12 |
| TNE, 2 1/2t, 4 x 4, FORD, OD, (ENGESA) | 12 |
| TNE, Basc, 2 1/2t, 4 x 4, C-60 (Chevrolet Basc Gas) | 06 |
| TNE, 2 1/2t, 4 x 4, D-60 (Chevrolet Diesel) | 12 |
| TNE, 2 1/2t, 4 x 4, LA 1111/36 (Mercedes Benz LA 111) | 06 |
| TNE, 2 1/2t, 4 x 4, LA 1113/36 (Mercedes Benz LA 1113) | 06 |
| TNE, 2 1/2t, 6 x 6, GMC | 06 |
| TNE, 2 1/2t, 6 x 6, M-34 (REO) | 06 |
| TNE, 2 1/2t, 6 x 6, M602 | 09 |
| TNE, 2 1/2t, 6 x 6, LG 1213/36 (Mercedes Benz LG 1213) | 12 |
| TNE, 2 1/2t, 6 x 6, FORD - Gas | 12 |
| TNE, 2 1/2t, 6 x 6, FORD - Diesel | 12 |
| TNE, 2 1/2t, 6 x 6, C-60 | 12 |
| TNE, 2 1/2t, 6 x 6, D-60 | 12 |
| TNE, 5t, 6 x 6, M-54 | 12 |
| TNE, 5t, 6 x 6, LG 1819 (MBB 1819 - Boomerangue) | 12 |
| TNE, 5t, 4 x 2, L 1519 (Mercedes Benz) | 06 |

Tab 4-22. Quantidade de módulos de redes de 4,60 x 4,60 utilizados no mascaramento de viaturas e equipamentos

| MODELOS DA VIATURA | Nº DE MÓDULOS |
|---|---|
| TE, CSR, 1/4t, 4 x 4, M38-A1C | 04 |
| TE, CSR, 1/4t, 4 x 4, M151, A1C | 04 |
| TE, Rádio, 1/4t, 4 x 4, FORD | 04 |
| TE, AMB, 1/4t, 4 x 4, M-170 | 04 |
| TE, AMB, 1/4t, 4 x 4, FORD | 04 |
| TE, AMB, 1/2t, 4 x 4, F-75 (Rural) | 06 |
| TE, AMB, 3/4t, 4 x 4, DODGE, WC54 | 06 |
| TE, AMB, 3/4t, 4 x 4, FORD | 06 |
| TE, AMB, 1t, 4 x 4, M-615 | 06 |
| MQ, 12t, 6 x 4, MOTONIVELADORA (CAT 12E) | 12 |
| MQ, 45t, MOTO-SCRAPER (CAT 621) | 12 |
| MQ, 12t, 6 x 4, MOTONIVELADORA (HWB-140M) | 12 |
| MQ, 12t, 6 x 4, MOTONIVELADORA (HW, 10-D) | 12 |
| MQ, 9t, PÁ-CARREGADEIRA (W-20) | 06 |
| MQ, 8t, PÁ-CARREGADEIRA (M75 - SÉRIE III) | 06 |
| MQ, 8t, PÁ-CARREGADEIRA (CAT 930) | 09 |
| MQ, 8t, S/L, PÁ-CARREGADEIRA (CAT 933G) | 06 |
| TE, 22t, S/L (CAT, D8 H) | 09 |
| TE, 18t, S/L, (AD 18) | 09 |
| TE, 15 1/2t, S/L (CAT D7 E) | 09 |
| TE, 14t, S/L (CAT D7 F) | 09 |
| TE, 14t, S/L (AD 14) | 09 |
| TE, 6t, S/L (CAT D4 D) | 06 |
| TE, 5t, 4 x 2 (CBT 1090 A) | 06 |

Tab 4-22. Quantidade de módulos de redes de 4,60 x 4,60 utilizados no mascaramento de viaturas e equipamentos (continuação)

## 4-13. GUARNIÇÕES DE REDE DE CAMUFLAGEM IMPROVISADA

**a. Densidade das guarnições** - Todas as redes devem ser guarnecidas com uma graduação de densidade predeterminada. As redes tipo cortina devem ser totalmente (100%) guarnecidas na sua parte central, e daí para as bordas externas o guarnecimento vai diminuindo até atingir 65%. Isto resultará em uma cobertura de cerca de 85% da área total da rede. Os telheiros também devem ser totalmente (100%) guarnecidos na sua parte central, porém daí para as bordas externas o guarnecimento vai diminuindo até atingir 25%. Isto resultará em uma cobertura de cerca de 65% da área total do telheiro. A diminuição de densidade do guarnecimento deve iniciar-se em cerca da metade do raio da rede. A transição deve ocorrer de forma suave até atingir a densidade desejada nas bordas externas.

**b. Tipos de guarnições improvisadas -** Além de tecidos, são utilizados para guarnecimento: penas (com ou sem tratamento, dependendo da coloração das penas e do fundo), metal (palha de aço, latas de conserva convenientemente cortadas) e fibra de vidro. Geralmente as tiras ou outros materiais são introduzidos na rede formando uma das seguintes letras: L, U, S, C, I ou formando desenhos como por exemplo o de uma grega. O C5-22 apresenta mais detalhes sobre a utilização das tiras.

**c. Cálculo das dimensões das redes**

(1) Cortina:

| |
|---|
| Comprimento = 2H + C + 1,5 |
| Largura = 2H + L +1,5 |

(2) Telheiro:

| |
|---|
| Comprimento = 4 (H + 0,60) + C |
| Largura = 4 (H + 0,60) + L |

Sendo: C = comprimento do objeto a ser camuflado, em metros.
L = largura do objeto, em metros.
1,5 e 0,60 = valores em metros.
H = altura do objeto, em metros

**d. Redes de camuflagem modulares** - São redes especiais, de 4,60 m x 4,60 m, que podem ser conectadas através de anéis existentes na sua própria baínha. As características principais das redes modulares são as seguintes:

(1) rede básica - fios revestidos de plástico à prova de mofo e enrijecimento, antiesgarçante e antifricção, resistentes a 50 kgf;

(2) bainha - conjunto de 8 (oito) cordões, resistentes a 240 kgf;

(3) componentes adicionais - anéis semi-rígidos e inquebráveis para a conexão de duas ou mais redes;

(4) guarnição - em tecido de malha de nylon, revestido nas duas faces, impermeável e antiinflamável, ligado à rede básica por presilhas descartáveis.

# CAPÍTULO 5

# CLASSIFICAÇÃO DE PONTES, VIATURAS E RODOVIAS

## ARTIGO I

## SISTEMA MILITAR DE CLASSIFICAÇÃO DE PONTES E VIATURAS

### 5 -1. FINALIDADES DO SISTEMA

O sistema militar de classificação de viaturas e pontes permite a utilização da capacidade máxima de suporte das pontes, dentro das condições de segurança. Este sistema de classificação:

**a.** auxilia na seleção de estradas tanto para deslocamentos táticos como logísiticos;

**b.** auxilia no planejamento de reforçamento de Pnt e no de construção de pontes novas;

**c.** protege as pontes de sobrecarregamentos danosos;

**d.** protege as viaturas, a carga transportada e o motorista do colapso da ponte;

### 5-2. CATEGORIAS E SINALIZAÇÃO DE VIATURAS

Existem dois tipos de viaturas para fins de categoria e sinalização.

**a. Viaturas simples -** São classificadas como simples as viaturas que têm apenas um chassi, como, por exemplo, um carro de combate ou um caminhão de 2 1/2 t. Elas terão uma placa de classificação diretamente na viatura com fundo amarelo e o número-classe gravado na cor preta sobre esse fundo (diâmetro da placa em torno de 23 cm).

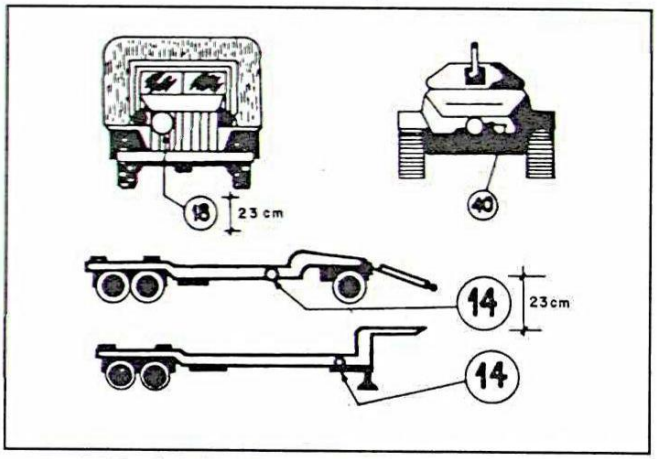



Fig 5-1. Sinalização de viaturas simples

**b. Viaturas combinadas -** São classificadas como combinadas as viaturas constituídas da reunião de duas ou mais viaturas simples usadas como uma unidade, como, por exemplo, um "cavalo mecânico" rebocando uma carreta. Se uma viatura estiver rebocando outra, e a distância entre elas for menor do que 30,48 m, elas deverão ser consideradas como uma viatura combinada. A sinalização na parte frontal da viatura que reboca terá a letra "C" em vermelho, acima do número-classe da viatura combinada. Como complementação, cada viatura integrante da combinação levará uma placa, no lado direito, que indicará seu número-classe.

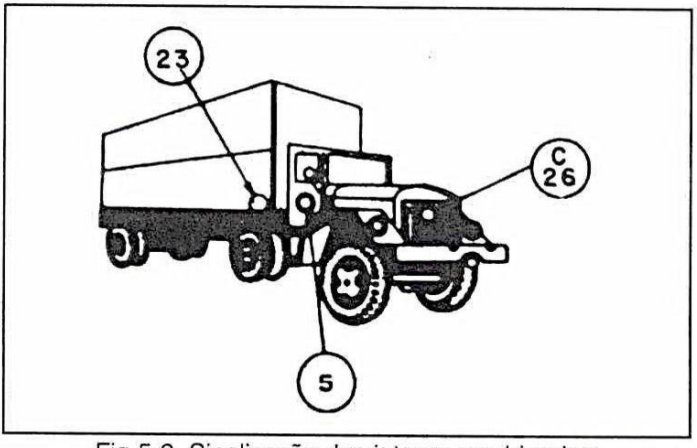



Fig 5-2. Sinalização de viaturas combinadas

## 5-3. APLICAÇÕES DO SISTEMA

**a.** O sistema militar de classificação de pontes e viaturas, no que se refere às medidas de controle de tráfego e da sinalização de pontes e viaturas, deverá ser do conhecimento de todos os escalões, inclusive dos motoristas e operadores de equipamentos.

**b.** Todas as OM do Exército que utilizem viaturas ou equipamentos deverão conhecer e aplicar a classificação expedita de pontes e viaturas.

**c.** O processo analítico de classificação de pontes e viaturas deverá ser do conhecimento e aplicação de todas as OM de engenharia.

**d.** As viaturas padronizadas do EB deverão ser distribuídas às OM já com seu número-classe pintado. Caberá às OM providenciar a sinalização das viaturas que, por qualquer motivo, não tenham sido sinalizadas ainda.

# ARTIGO II

# CLASSIFICAÇÃO DE VIATURAS

## 5-4. FUNDAMENTOS SOBRE A CLASSIFICAÇÃO DE VIATURAS

**a. Número-classe -** O número-classe representa o efeito do peso da Vtr sobre uma ponte ou portada. Esse efeito depende do peso bruto da viatura, espaçamento dos eixos, distribuição de carga nos eixos e a velocidade de deslocamento da viatura (no caso de ponte). Deve ser dada ênfase ao fato de que o número-classe é apenas um número e não um peso. Todas as viaturas padronizadas e equipamentos especiais, usados em teatro de operações, que possam transpor pontes ou ser transportados em portadas deverão ter um número-classe. São exceções à regra os reboques com peso bruto até 1 1/2 t e as viaturas com peso bruto menor que 3 t.

**b. Processos de classificação de viaturas** - São conhecidos dois processos de classificação de viaturas, um expedito e outro analítico. O processo analítico de classificação é apresentado no manual C 5-36 O Reconhecimento de Engenharia. Para ser obtida a classificação de viaturas por este processo preciso, é necessário que delas se conheçam os pesos e espaçamentos dos eixos, com sua carga máxima, para rodovias. Na ausência de manuais técnicos das viaturas, poderão ser utilizadas balanças para a obtenção dos dados. A tabela 5-1 apresenta o número-classe de algumas viaturas e equipamentos do Exército.

| DENOMINAÇÃO | NÚMERO-CLASSE |
|---|---|
| **1. Vtr DE LAGARTAS** | |
| CAN 175 M 107 | 29 |
| CCL M 41 | 24 |
| CCL M 3A 1 | 14 |
| CCM M4 ("SHERMAN") | 34 |
| OBUS AP M 108 | 22 |
| OBUS AP M 109 | 24 |
| OBUS AP M 110 | 27 |
| VBE - M4 (30 t) | 34 |
| VBE, L PNT (XLP 10) (19 t) | 21 |
| VBE, L PNT (XLP 20) | 34 |
| VBTP M 113 | 11 |
| VBC, CC MB-3 (TAMOYO) | 31 |
| VBC, CC (OSÓRIO) | 40 |
| VBC, OAP 105 mm M 108 | 22 |
| VBC, OAP 155 mm M 109 | 24 |
| Vtr SOCORRO M 578 | 25 |
| **2. Vtr DE MEIA-LAGARTA** | |
| C Bld 1/2 LAGARTA M2 A M5 | 9 |
| **3. Vtr DE RODAS** | |
| Can AAe OERLIKON 35 mm, AR | 7 |
| C Bld "SCOUT CAR" 4 X 4 M3A1 | 6 |
| VBR CASCAVEL | 9 |
| VBR (JARARACA) | 4 |
| C TRA ANFÍBIO URUTU | 11 |
| LMC 127/180 | 24 |
| LMC 180/300 | 24 |
| TNE 2 1/2 t, 4 X 4, FORD DIESEL, D-600 | 12 |
| TNE 2 1/2 t, 6 X 6, FORD DIESEL, D-600 | 11 |
| TNE 2 1/2 t, 4 X 4, MERCEDES BENZ, LA-1113/48 | 12 |
| TNE 2 1/2 t, 6 X 6, MERCEDES BENZ, LG-1213 | 12 |
| TNE 2 1/2 t, 4 X 4, CHEVROLET DIESEL, D-6503 | 12 |
| TNE 2 1/2 t, 6 X 6, CHEVROLET DIESEL, D-6503 | 11 |
| TNE 2 1/2 t, 6 X 6, M-34, REO | 8 |
| TNE 5 t, 6 X 6, REO, M-41 | 15 |
| TNE 5 t, 6 X 6, MERCEDES BENZ, L-1519 (BOOMERANG) | 21 |
| TNE 7 t, 6 X 6, MERCEDES BENZ (RIBBON) | 21 |
| TE 2 1/2 t, 4 X 4, MERCEDES BENZ LA-1113/42 | 12 |
| TE 2 1/2 t, 6 X 6, REO, BASCULANTE M59, M216, M342 | 9 |
| TE 5 t, 6 X 6, MERCEDES BENZ, L-1519 | 21 |
| TE 5 t, 6 X 6, REO, M-62, SOCORRO | 21 |
| TE 3/4 t, 4 X 4, DODGE - REPOTENCIALIZADA | 4 |
| TE 3/4 t, 4 X 4, ENGESA | 3 |
| TE 2 1/2 t, 4 X 4, PONTÃO - CHEVROLET | 11 |

Tab 5-1. Número-classe de algumas viaturas e equipamentos do Exército

| DENOMINAÇÃO | NÚMERO-CLASSE |
|---|---|
| **4. EQUIPAMENTO MECÂNICO** | |
| BUCYRU'S, 4 X 2, FNV - GUINDASTE 30 t | 18 |
| MOTONIVELADORA CATERPILLAR, CAT-12 | 10 |
| MOTONIVELADORA HUBER WARCO, 4D | 11 |
| MOTOSCRAPER CAT | 30 |
| QUICK WAY - Modelo M200 | 22 |
| QUICK WAY - Modelo N-383 AB | 8 |
| TRATOR CATERPILLAR D-4 | 8 |
| TRATOR CATERPILLAR D-6 | 14 |
| TRATOR D-7, com lâmina | 19 |
| TRATOR D-7E, com lâmina | 28 |
| TRATOR D-8, com lâmina | 30 |
| TRATOR D-9, com lâmina | 38 |

Tab 5-1. Número-classe de algumas viaturas e equipamentos do Exército (Continuação)

## 5-5. PROCESSO EXPEDITO DE CLASSIFICAÇÃO DE VIATURAS

Em uma emergência, as viaturas poderão ser reclassificadas por um processos expedito e, na primeira oportunidade, deverão ser reclassificadas pelo processo analítico para que se obtenha a classe definitiva.

**a. Viaturas sobre rodas**

(1) Comparar as cargas e espaçamentos das rodas e eixos pertencentes às viaturas não classificadas com os dados tabelados de viaturas-tipo, padronizadas internacionalmente (C 5-36); classificar a viatura com o número-classe da viatura-tipo semelhante (comparação).

(2) A classe poderá também ser obtida tomando-se 85% do peso bruto da viatura, em toneladas curtas, ou 94% em toneladas métricas.

- Classe provisória = 0,94 PB
- PB = peso bruto da viatura em toneladas métricas.

**OBSERVAÇÃO:** 1 tonelada métrica = 1,10 toneladas curtas = 1.000 kg

(3) O peso da viatura poderá ser estimado multiplicando-se a pressão dos pneus pela área de contado das rodas no chão, se não houver outros meios disponíveis. Caso não se disponha de um medidor de pressão dos pneus, poderá ser arbitrado o valor de 75 libras por polegada quadrada (5,27 kg/cm²).

$$PB = \frac{A \times p \times NR}{1.000}$$ onde,

PB = peso bruto da viatura em t métricas
A = área de contato de uma roda no solo em $cm^2$
p = pressão do pneu em $Kg/cm^2$
NR = número de rodas

**OBSERVAÇÃO:** $1Kg/cm^2 = 14,22$ libras/$pol^2$

(4) O Nr classe calculado, sendo um número fracionário, deverá ser aproximado para o número inteiro maior, mais próximo.

**EXEMPLO**: $51,4 \cong 52$

**b. Viaturas sobre lagartas**

(1) Comparar a área de contato, no solo, da viatura por classificar com aquelas das viaturas-tipo e obter a classificação.

(2) A classe poderá ser obtida tornando-a igual ao peso da viatura em toneladas curtas ou multiplicando o peso bruto da Vtr em t métricas por 1,1.

(3) O peso bruto de uma viatura de lagartas poderá ser estimado multiplicando-se a área de contato das lagartas no solo por 0,98 $kg/cm^2$.

$$\text{Classe} = PB = \frac{A \times 0,98 \times 1,1}{1.000}$$

Onde:

PB = peso bruto em t curtas
A = área de contato no solo das lagartas em $cm^2$.

**c. Viaturas combinadas e combinações não padronizadas -** A classe das viaturas combinadas e das combinações não padronizadas de viaturas: um caminhão rebocando outro em pane distanciado um do outro de menos de 30,48 m entre os eixos extremos), pode ser obtida expeditamente por:

- Classe da combinação = $0,9 (x + y)$ se $x + y \leq 60$
- Classe da combinação = $x + y$ se $x + y > 60$
- x = classe da primeira viatura
- y = classe da segunda viatura

CLASSE X = 12
CLASSE Y = 12 SOMA = 24

MENOR DO QUE 60

CLASSE DA COMBINAÇÃO = $0,9 \times 24 \cong 22$

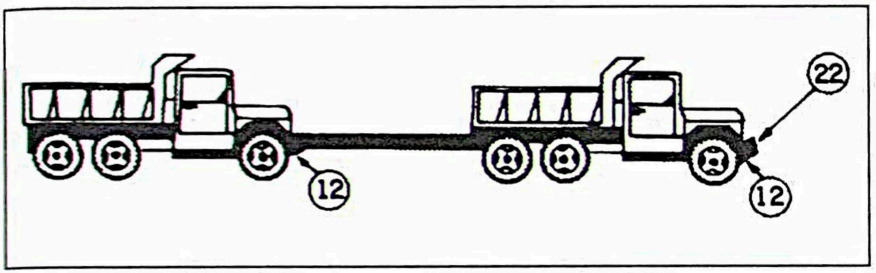



Fig 5-3. Sinalização de viaturas combinadas não padronizadas

**d. Ajustamento de cargas -** Uma classe provisória pode ser dada às viaturas sobrecarregadas, somando-se ou subtraindo-se o valor da classe normal à diferença de carga em toneladas métricas.

CLASSE NORMAL (20) + SOBRECARGA (3) = CLASSE TEMPORÁRIA (23)

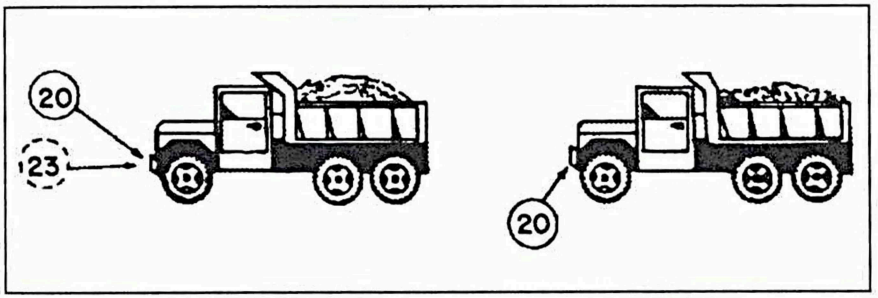



Fig 5-4. Exemplo de classe provisória devido a sobrecarga

**e. Exemplos**

(1) Classificar a Vtr blindada M 113

- PB = 22.615 libras = $\frac{22.615}{2.000}$ = 11,3 t curtas ≅ 12
- 1 t curta = 2.000 libras (Tab 18-21 FATORES DE CONVERSÃO)

(2) Classificar o CC M1

- PB = 51.800 libras = $\frac{51.800}{2.000}$ = 25,9 t curtas
- PB = 23,5 t métricas
- Classe 23,5 x 1,1 = 25,9 ≅ 26

(3) Classificar um caminhão 2 1/2 t, 6 x 6, REO.
- PB para rodovias = 11,44 t curtas
- Classe = 0,85 x 11,44 = 9,7 ≅ 10

(4) Classificar a Vtr combinada com as seguintes características:
- Caminhão trator - classe 17
- Reboque - classe 20
- Classe de combinação = 0,9 (17 + 20) = 33,3 ≅ 34

## ARTIGO III

## CLASSIFICAÇÃO E SINALIZAÇÃO DE PONTES E RODOVIAS

### 5-6. DEFINIÇÕES

**a. Classificação de pontes** - Classificar uma Pnt consiste em lhe atribuir, segundo um método militar padronizado, um número-classe. Este assunto será explorado em detalhe no capítulo 7 deste manual.

**b. Número-classe**

(1) O número-classe de uma ponte ou portada é um número inteiro e representa o maior número-classe de uma viatura que essa ponte ou portada é capaz de suportar com segurança. Deve ser dada ênfase ao fato de que é apenas um número e não um peso.

(2) As ponte de classe maior que 30 poderão ter uma classificação especificada, isto é, haverá na mesma placa um número-classe, para Vtr de largartas e um número-classe para Vtr de rodas.

### 5-7. RESTRIÇÕES DE LARGURA E DE ALTURA

**a. Largura mínima** - As larguras mínimas das pistas, entre rodapés, são dadas na tabela 5-2.

(1) Uma ponte, tendo determinado número-classe e satisfazendo as prescrições da tabela 5-2, poderá suportar o tráfego de todas as Vtr padronizadas, de mesmo número-classe ou inferior, sem restrições de largura. Não haverá necessidade de ser colocada uma placa indicando a largura da ponte.

(2) Se uma ponte de uma faixa de tráfego (ou uma via) preencher todas as prescrições para um determinado número-classe com exceção da largura mínima, a classificação da ponte não deverá ser baixada, mas deverá ser colocada uma placa indicadora da largura da Pnt e deverão ser adotadas medidas de restrições de tráfego.

(3) Uma ponte de 2 faixas de tráfego (ou 2 vias) deverá atender às prescrições da largura da tabela 5-2. Caso não atenda, o número-classe da ponte deverá ser baixado até que as larguras mínimas sejam atingidas.

**b. Gabarito** - O gabarito mínimo das pontes é dado na tabela 5-3. Se uma ponte tiver altura abaixo da prescrita, deverá ser usada uma placa pendurada em um gabarito colocado antes da ponte, conforme mostra a figura 5-5.

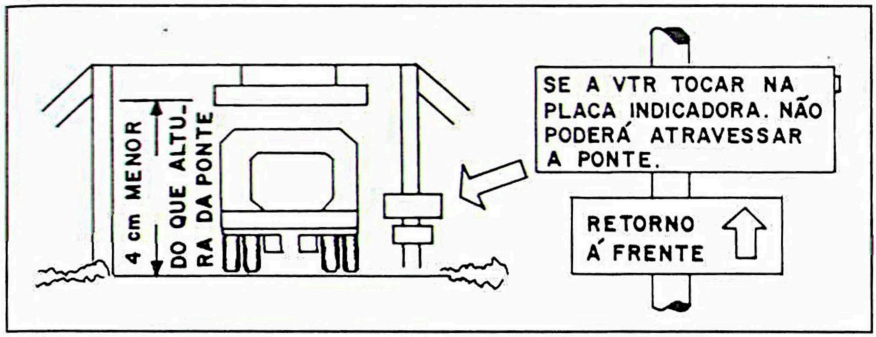



Fig 5-5. Placa indicadora de gabarito em altura, colocada antes da ponte

**c. Medidas especiais** - Deverão ser previstos, próximos da ponte, desvios ou retornos e locais de estacionamento. Viaturas que necessitem de medidas especiais de travessia, como, por exemplo, uma Vtr muito larga que tenha que transpor uma Pnt de 2 faixas de tráfego, pela parte central, deverão ir diretamente para o estacionamento ou desvio (Fig 5-11).

| CLASSE | LARGURA MÍNIMA ENTRE RODAPÉS (m) (Lu) | |
|---|---|---|
| | Uma via ou uma faixa de tráfego | Duas vias ou duas faixas de tráfego |
| 4-12 | 2,75 | 5,50 |
| 13-30 | 3,35 | 5,50 |
| 31-60 | 4,00 | 7,30 |
| 61-100 | 4,50 | 8,20 |

Tab 5-2. Larguras mínimas de pontes

| CLASSE | GABARITO EM ALTURA (m) |
|---|---|
| 4,70 | 4,30 |
| Acima de 70 | 4,70 |

Tab 5-3. Gabaritos mínimos de pontes

## 5-8. PLACAS DE SINALIZAÇÃO DE PONTES

**a. Placas circulares** - Qualquer ponte que tenha sido classificada, seja militar ou civil, em um TO, deverá ser sinalizada com uma placa circular, que indicará seu número-classe. A placa terá o fundo amarelo e os algarismos pretos. Existem placas circulares normais e especiais.

(1) Placas circulares normais (amarela com inscrições pretas)

(a) Placas para Pnt de uma via, com diâmetro mínimo de 40 cm (Fig 5-6).

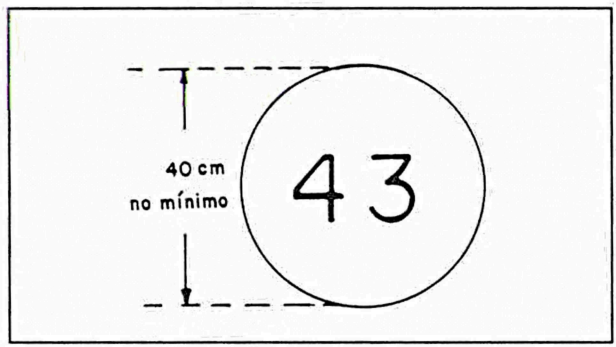



Fig 5-6. Sinalização de ponte de uma via ou uma faixa de tráfego

(b) Placas para Pnt de duas vias, com diâmetro mínimo de 50 cm e divididas em dois semicírculos por uma linha vertical. O número-classe para tráfego em dois sentidos é dado no semicírculo do lado esquerdo; duas setas verticais aparecem abaixo do número, o número-classe para tráfego num só sentido é indicado no semicírculo do lado direito; uma seta vertical aparece em baixo do número.

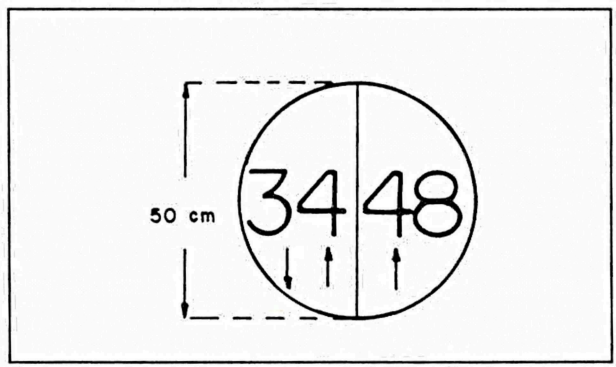



Fig 5-7. Sinalização de ponte de duas vias

(2) Placas circulares especiais

(a) Se uma ponte estiver especificada para Vtr de rodas e de lagartas, uma placa circular especial deverá ser utilizada (Fig 5-8). A placa tem um diâmetro mínimo de 50 cm e é dividida em 2 semicírculos por uma linha horizontal. No semicírculo superior encontramos o número-classe para Vtr de rodas e, no inferior, o de Vtr de lagartas. Em cada semicírculo aparece, ainda, um desenho, que representa uma Vtr de rodas ou de lagartas.

(b) Quando uma Pnt tiver 2 vias (ou 2 faixas de tráfego) e a sua classificação for especificada para Vtr de lagartas e de rodas, sua sinalização poderá ser feita pela combinação de placas circulares dos tipos normal e especial (Fig 5-8).

(c) As pontes que forem classificadas pelos processos expeditos do Capítulo 6 deverão ser sinalizadas com placas circulares.

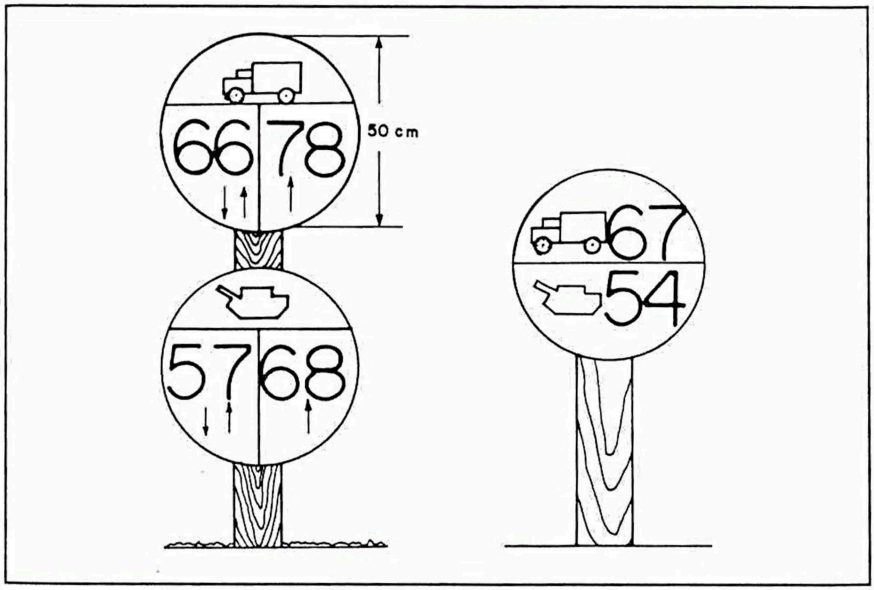



Fig 5-8. Classificação especificada

**b. Placas retangulares (Amarela com inscrições pretas)**

(1) Instruções adicionais e informações técnicas são apresentadas em placas retangulares. A placa terá uma largura ou comprimento mínimo de 40 cm; seu fundo será amarelo e as inscrições em preto.

(2) Um outro tipo de placa retangular, de largura mínima de 15 cm e comprimento mínimo de 40 cm, é usado para sinalizar larguras e gabaritos restritivos (Fig 5-9).

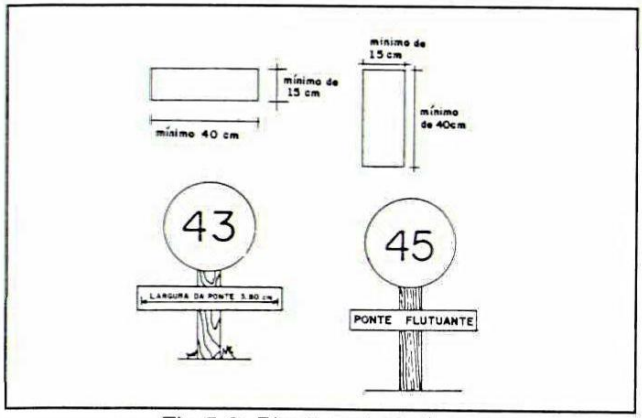



Fig 5-9. Placas retangulares

(3) A placa para larguras e gabaritos não será necessária nas pontes com placas civis suficientemente claras.

**c. Pontes de várias vias ou faixas de tráfego**

(1) As pontes que tenham três ou mais vias são casos especiais e necessitam muita atenção para serem sinalizadas.

(2) Para determinar o número de vias, consultar a tabela 5-2. Muitas vezes, as classes mais altas poderão ser canalizadas para tráfego em determinadas faixas de tráfego. Como exemplo, uma das faixas de tráfego de uma ponte poderá estar danificada, tendo sua capacidades de suporte diminuída ou então uma ponte poderá ter sido projetada com capacidade diferentes para determinadas faixas de tráfego (Fig 5-10).

(3) A sinalização, nestes casos, será feita com placas circulares para cada faixa de tráfego e as faixas com restrições serão sinalizadas com cavaletes, linhas pintadas ou rodapés.

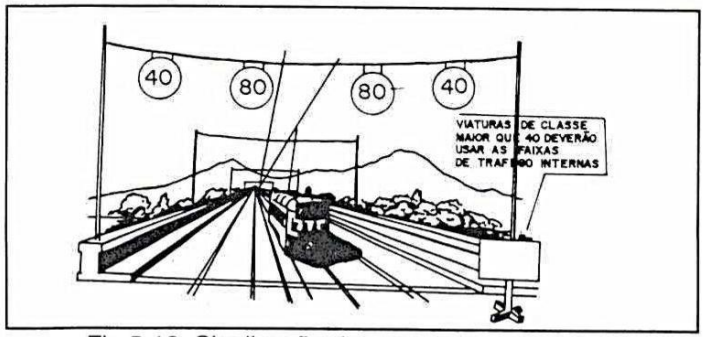



Fig 5-10. Sinalização de pontes de várias vias

**d. Localização das placas** - A localização das placas obedecerá aos seguintes preceitos:

(1) as placas circulares são localizadas em cada extremidade da ponte, em posição tal que sejam claramente vistas.

(2) as placas retangulares, com exceção das indicadoras de gabarito, são colocadas logo abaixo da placa circular, no mesmo poste.

(3) as placas rentangulares indicadoras de gabarito são colocadas dependuradas, mostrando a limitação em altura.

(4) os números-classe para travessia especial (com cautela e com perigo) nunca deverão ser escritos nas placas de sinalização.

(5) havendo necessidade, deverão ser colocadas placas de advertência nos acessos à ponte.

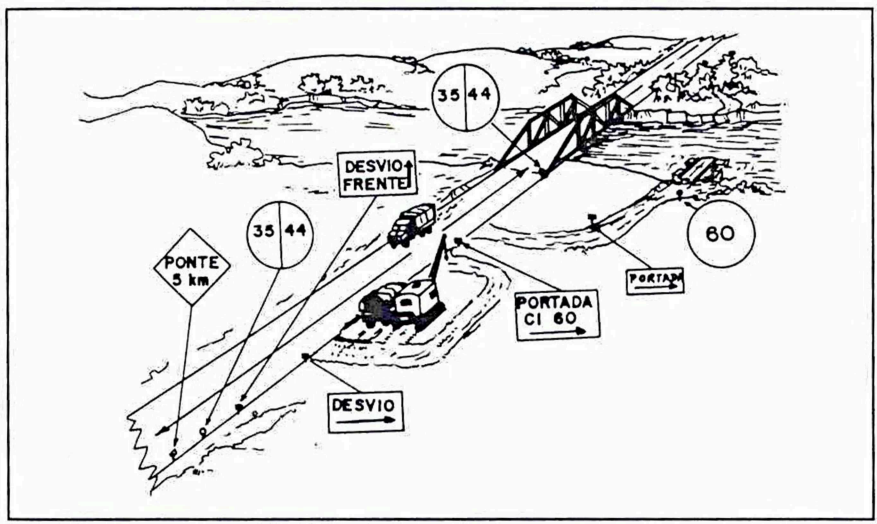



Fig 5-11. Localização das placas

## 5-9. CLASSIFICAÇÃO DE RODOVIAS - CAPACIDADE DE SUPORTE

A capacidade de suporte de cargas de uma rodovia é sua possibilidade de resistir ao tráfego e é expressa por um número-classe, da mesma maneira que o das pontes. Há 16 números-classes, desde 4 até 150 (Tab 5-6). Para ser determinada a capacidade de suporte é necessário um conhecimento básico sobre a estrutura, projeto de pavimentos e tipos de solos. Basicamento, as camadas de constituição do pavimento de uma rodovia, compreendem: revestimento, base, sub-base, e reforço do subleito. Poderá haver casos em que nem todas as camadas estejam presentes, como por exemplo em um pavimento que tenha apenas base e revestimento.

**a. Revestimento** - O revestimento é a camada destinada a receber diretamente a ação do trânsito, devendo ser, tanto quanto possível, impermeável, resistente ao desgaste e suave ao rolamento. Os tipos mais comuns de revestimento são classificados em flexíveis e rígidos.

(1) Flexíveis - Terra natural, pedra britada, solo estabilizado, betuminosos (tratamentos superficiais, macadame betuminoso, concreto betuminoso).

(2) Rígidos - Quando constituídos de concreto de cimento Portland, paralelepípedos ou blocos de concreto rejuntados com argamassa de cimento.

**b. Base** - A base é a camada destinada a suportar e distribuir esforços oriundos do trânsito e sobre a qual se construirá o revestimento, poderão ser flexíveis e rígidas.

(1) Flexível - Solos estabilizados, empedramento Telford, macadame hidráulico, brita graduada e brita corriga, macadame betuminoso, alvenaria poliédrica, pedra britada, pedregulho e escória.

(2) Rígidas - Concreto de cimento, macadame de cimento, solo cimento.

**c. Sub-base** - A sub-base é a camada complementar à base, que será executada quando, por circunstâncias técnico-econômicas, não for aconselhável construir a base diretamente sobre o leito regularizado ou sobre o reforço.

**d. Reforço e subleito** - É a camada de espessura constante em seção transversal, variando longitudinalmente com o dimensionamento e integrante do pavimento que, por circunstâncias técnico-econômicas, será executada sobre o "grade" de regularização projetado.

**e. Sub-bases e reforço** - As sub-bases e o reforço poderão ser constituídos de:

(1) solo existente no subleito apropriadamente compactado;

(2) solo estabilizado;

(3) pedregulho, pedra britada, rocha decomposta.

### f. Cálculo da classe de rodovias

| CÁLCULO DA CLASSE DE RODOVIAS | |
|---|---|
| SEQÜÊNCIA | Medir as espessuas das diferentes camadas do pavimento (Revestimento - Base - Sub-base - Reforço do Subleito). Medir em centímetro (Fig 9-1). |
| | Identificar o material do subleito utilizando a Tab 5-5 e encontrar o Índice de Suporte Califórnia. |
| | Entrar com a espessura acumulada de base e revestimento (ou base + sub-base + reforço + revestimento) e com o valor do Índice de Suporte Califórnia - ISC, na Fig 5-12, encontrando a carga permissível por roda. |
| | Entrar com a carga permissível por roda (libra ou Kg) na Tab 5-6, por interpolamento, encontra-se a CLASSE DA RODOVIA. |

Tab 5-4. Seqüência para o cálculo da classe de rodovias

| Grande divisão | Símbolo SUCS | | Descrição | Valor como fundação não sujeito a congelamento | Valor como base sob revestimentos betuminosos | Ação potencial sob congelamento | Compressibilidade e expansão | Características de drenagem | Índice de suporte califórnia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (1) | (2) | | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
| PEDREGULHOS E SOLOS PEDREGULHOSOS | GM | | Pedregulhos e misturas de pedregulho e areia bem graduados com pouco ou sem finos | Excelente | Bom | Nenhuma ou muito pouca | Quase nenhuma | Excelente | 60-80 |
| | GP | | Pedregulhos e misturas de pedregulho e areia mal graduados com pouco ou sem finos | Bom a excelente | Mau a regular | Nenhuma ou muito pouca | Quase nenhuma | Excelente | 25-60 |
| | GM | d | Pedregulhos siltosos, misturas de pedregulho, areia e silte | Bom a excelente | Regular a bom | Leve a média | Muito pouca | Regular a mau | 20-80 |
| | | u | | Bom | Mau | Leve a média | Pouca | Má a praticamente impermeável | 20-40 |
| | GC | | Pedregulhos argilosos,misturas de pedregulhos areia e argila | Bom | Mau | Leve a média | Pouca | Má a praticamente impermeável | 20-40 |

Tab 5-5. Características dos solos para classificação e construção de estradas

| Grande divisão | Símbolo SUCS | Descrição | Valor como fundação não sujeito a congelamento | Valor como base sob revestimentos betuminosos | Ação potencial sob congelamento | Compressibilidade e expansão | Características de drenagem | Índice de suporte califórnia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
| AREIAS E SOLOS ARENOSOS | SW | Areias e areias pedregulhosas, bem graduadas c/ poucos ou sem finos | Bom | Mau | Nenhuma ou muito pouca | Quase nenhuma | Excelente | 20-40 |
| | SP | Areias ou areias pedregulhosas, mal graduadas, c/ poucos ou sem finos | Regular a bom | Mau a não desejável | Nenhuma ou muito pouca | Quase nenhuma | Excelente | 10-25 |
| | SM d | Areias siltosas e misturas de areia e silte | Bom | Mau | Leve a média | Muito pouca | Regular a má | 20-40 |
| | SM u | | Regular a bom | Não desejável | Leve a media | Pouca a media | Má a praticamente impermeável | 10-20 |
| | SC | Areias argilosas e misturas de areia e argila | Regular a bom | Não desejável | Leve a grande | Pouca a média | Má a praticamente impermeável | 10-20 |
| SILTES E ARGILAS | ML | Siltes inorgânicos e areias muito finas, pó de pedra, areias finas siltosas ou argilosas e siltes argilosos pouco plásticos | Regular a mau | Não desejável | Média muito grande | Pouca a Media | Regular a má | 3-15 |
| | CL | Argilas inorgânicas de baixa e media plasticidade, argila pedregulhosa arenosas e magras | Regular a mau | Não desejável | Média a muito grande | Média | Praticamente impermeável | 5-15 |
| LL 50 | OL | Siltes orgânicos, siltes e argilas orgânicas de baixa plasticidade | Mau | Não desejável | Media a grande | Media Alta | Má | 4-8 |
| SILTES E ARGILAS | MH | Siltes inorgânicos, solos finos micáceos ou diatomáceos sejam arenosos ou siltosos, siltes elásticos | Mau | Não desejável | Média | Alta | Regular a má | 4-8 |
| | CH | Argilas inorgânicas de alta plasticidade Argilas gordas | Mau a péssimo | Não desejável | Média | Alta | Praticamente impermeável | 3-5 |
| LL 50 | OH | Argilas orgânicas de média e alta plasticidade siltes orgânicos | Mau a péssimo | Não desejável | Média | Alta | Praticamente impermeável | 3-5 |

Tab 5-5. Características dos solos para classificação e construção de estradas (continuação)

| Grande divisão | Símbolo SUCS | Descrição | Valor como fundação não sujeito a congelamento | Valor como base sob revestimentos betuminosos | Ação potencial sob congelamento | Compressibilidade e expansão | Características de drenagem | Índice de suporte califórnia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
| Solos altamente orgânicos | Pt | Turfa e outros solos altamente orgânicos | Não desejável | Não desejável | Leve | Muito alta | Regular a má | ---- |

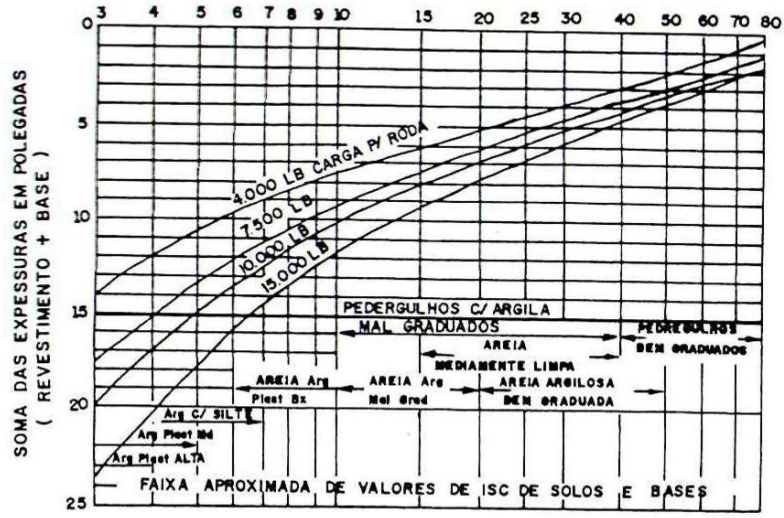
**OBSERVAÇÕES:**

1. Na coluna 2, a divisão dos grupos GM e SM em "d" e "u" tem por finalidade a utilização em rodovias e campos de pouso, somente, a divisão correlaciona-se com os limites de ATTERBERG.
2. Na coluna 4, os dados servem para subleito, bases granulares, com excessão de bases granulares abaixo do revestimento betuminoso.
3. Na coluna 5, a expressão foi reservada para bases constituídas de material de alta qualidade proveniente pedra britada.
4. Na coluna 6, a suscetibilidade dos solos ao congelamento.

Tab 5-5. Características dos solos para classificação e construção de estradas (continuação)

| Classe das Vtr tipo | Carga máxima em eixo simples | | Carga máxima em roda simples | |
|---|---|---|---|---|
| | libras | kg | libras | kg |
| 4 | 5000 | 2268,0 | 2500 | 1134,0 |
| 8 | 11000 | 4989,6 | 5500 | 2494,8 |
| 12 | 16000 | 7257,6 | 8000 | 3628,8 |
| 16 | 20000 | 9072,0 | 10000 | 4536,0 |
| 20 | 22000 | 9979,2 | 11000 | 4989,6 |
| 24 | 24000 | 10886,4 | 12000 | 5443,2 |
| 30 | 27000 | 12247,2 | 13500 | 6123,6 |
| 40 | 34000 | 15422,4 | 17000 | 7711,2 |
| 50 | 40000 | 18144,0 | 20000 | 9072,0 |
| 60 | 46000 | 20865,6 | 20000 | 9072,0 |
| 70 | 51000 | 23133,6 | 20000 | 9072,0 |
| 80 | 56000 | 25401,6 | 20000 | 9072,0 |
| 90 | 60000 | 27216,0 | 20000 | 9072,0 |
| 100 | 64000 | 29030,4 | 20000 | 9072,0 |
| 120 | 72000 | 32659,2 | 20000 | 9072,0 |
| 150 | 84000 | 38102,4 | 21000 | 9525,6 |

Tab 5-6. Classes de viaturas-tipo, de rodas, com cargas máximas nos eixos e rodas




**OBSERVAÇÃO:** Índice de Suporte Califórnia (ISC ou também CBR) é uma medida da Resistência do solo ao corte, em condições de densidade e umidade controladas cuidadosamente, que se usa com curvas empíricas, para projetar pavimentos flexíveis de rodovias. É expresso por uma percentagem de carga unitária, utilizada para fazer penetrar um pistão dentro do solo, em relação a uma carga unitária utilizada para penetrar o mesmo pistão, à mesma profundidade, em uma amostra de pedras britadas. Assim, um solo com ISC = 70 significa uma resistência do solo com valor de 70% da resistência de uma amostra de pedras britadas.

Fig 5-12. Capacidade de suporte das rodovias com revestimento flexível

**g. Exemplo de classificação de uma rodovia** - Por meio de um reconhecimento, foram conseguidos os dados relativos às camadas de um pavimento de uma rodovia:

(1) base de brita graduada compactada de 20 cm de espessura (8"); revestimento betuminoso de 7,5 cm (3"); subleito - silte argiloso com baixa plasticidade;

(2) iniciamente é necessário determinar o ISC (ou CRB) do subleito. Utilizando-se a tabela 5-5, identifica-se esse material como sendo do grupo ML, cuja faixa de ISC varia de 5 a 15; considerou-se o valor médio de 10;

(3) a figura 5-12 será agora utilizada. Entra-se com a espessura acumulada de base e revestimento (ou base + sub-base + reforço + revestimen-

to), 27,5 cm (11") e o valor do ISC, 10; com esses dois valores, a carga permissível por roda é de aproximadamente 13 000 libras;

(4) utiliza-se agora a tabela 5-6. Entra-se com a carga permissível por roda e interpolando tira-se a classe 28.

**OBSERVAÇÃO** - Como a carga máxima permissível por roda simples das viaturas de classe 50 a 120, inclusive, é a mesma (20.000 libras), a classe da rodovia capaz de suportar estas cargas não pode ser imediatamente determinada. Em tais casos, deve ser conhecido o valor da carga dos eixos simples que a rodovia pode suportar, mediante realização de testes de carga.

**h. Comparação da classe da estrada com a classe das pontes e viadutos** - Se a classe da rodovia for maior do que a classe das pontes ou viadutos, a menor classe determinará a classe do itinerário.

## 5-10. CAPACIDADE DE SUPORTE DAS RODOVIAS

Para ser determinada a capacidade de suporte de uma rodovia, para fins de planejamento, poderão ser utilizados, como guias, os processos abaixo, na ausência de dados mais precisos.

| SEQUÊNCIAS | | |
|---|---|---|
| PROCESSOS DE CÁLCULO | NR 1 | Identificar o tipo de revestimento da rodovia ou estrada |
| | | Encontrar a capacidade máxima em t/d por faixa de tráfego na Tab 5-8 |
| | | Fazer as reduções em percentual na Tab 5-8, de cada fator de restrição encontrado no reconhecimento, na seguinte ordem: estreitamento, relevo, condições meterológicas, caso exista mais de um fator a considerar. |
| | | Encontrada a capacidade de tráfego, dividir pela tonelagem-tipo de viatura para encontrar a quantidade de viaturas que podeeá trafegar por faixa, por dia. |
| | NR 2 | Considerar o valor inicial de 750 Vtr/h, por faixa. As viaturas deslocar-se-ão em coluna cerrada, à velocidade de 40 a 50 km/h. |
| | | Fazer reduções em percentual de cada fator de restrição, na mesma ordem utilizada no processo Nº 1. |
| **OBSERVAÇÃO** - Uma verificação teria que ser feita para saber se a classe das viaturas é menor do que a classe da estrada. Assim, se a estrada tiver uma classe 36 e as viaturas forem caminhões REO, 2 1/2 t, 6 X 6, de classe 10, as viaturas poderão trafegar na rodovia com grande folga porquanto à capacidade de suporte (CI 10 é menor do que CI 36). | | |

Tab 5-7. Cálculo da capacidade de suporte das rodovias

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tipo de revestimento da rodovia | Capacidade máxima em t/d por faixa de tráfego | Reduções (percentagem) | | | | | Tonelada diária para frente (t/d) | |
| | | Pista estreita | Terreno ondulado | Terreno movimentado com muitas curvas | Terreno montanhoso | Estação chuvosa, mau tempo | Tráfego de Suprimento | |
| | | | | | | | ZA | ZC |
| concreto | 55 000 | 25 | 10 | 30 | 60 | 20 | 36.000 | 8.400 |
| betuminosos | 41 000 | 25 | 10 | 30 | 60 | 30 | 27.000 | 7.300 |
| tratamento superficial | 27 000 | 25 | 20 | 40 | 65 | 40 | 18.000 | 5.800 |
| pedregulho | 9 200 | 25 | 20 | 50 | 70 | 60 | 6.090 | 3.400 |
| terra melhorada | 4 400 | 25 | 25 | 60 | 80 | 90 | 2.950 | 1.600 |
| terra natural | 1 200 | 35 | 35 | 70 | 85 | 93 | 720 | 400 |

**OBSERVAÇÃO** - Os fatores de redução terão o valor máximo da tabela em condições extremas. A tabela foi organizada com base na experiência e considerando operações prolongadas, rodovias conservadas pela Engenharia e cada rodovia podendo suportar tráfego em dois sentidos. Terreno plano e pista reta para a coluna 2.

Tab 5-8. Capacidade de tráfego da rodovia

| Capacidade máxima (t/d) | Terreno ondulado | | Terreno movimentado | | Terreno montanhoso | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tipo da rodovia (chapa de rodagem) | Tempo bom | Estação chuvosa | Tempo bom | Estação chuvosa | Tempo bom | Estação chuvosa |
| Concreto | 54.000 | 43.000 | 42.000 | 33.600 | 24.000 | 19.900 |
| Asfalto | 10.500 | 28.300 | 31.500 | 22.000 | 18.000 | 12.600 |
| Tratamento superficial betuminoso | 24.000 | 14.400 | 18.500 | 10.800 | 10.500 | 6.300 |
| Revestimento primário | 8.100 | 3.200 | 5.000 | 2.000 | 3.000 | 1.200 |
| Terra melhorada | 3.600 | 360 | 1.960 | 190 | 980 | 100 |
| Terra natural | 800 | 50 | 360 | 25 | 180 | 12 |

**OBSERVAÇÕES:**

a) A tabela foi organizada considerando-se:
- operação prolongada;
- rodovias conservadas pela Engenharia;
- tráfego nas duas faixas, num só sentido.

b) Esta tabela pode ser usada como guia para fins de planejamento na ausência de dados mais precisos, a quando for necessário determinar a capacidade de uma rodovia, inclusive para fins de transporte de suprimento.

Tab 5-9. Capacidade de tráfego das rodovias considerando as restrições

**EXEMPLO**: Qual a capacidade máxima de uma rodovia de concreto, de largura suficiente, em terreno ondulado e tempo seco?

(1) Da tabela 5-8 tiramos a capacidade máxima = 55 000 t/d por faixa.

Não há correções para a largura da pista em tempo seco; para terreno ondulado a correção é de 10%.

(2) Então a capacidade é igual a 55.000 - (0,1 x 55.000) = 49.500 t/d por faixa.

(3) Se despuser-se de caminhões de 2 1/2 t de carga útil, ter-se-á a capacidade de trânsito em viaturas igual a 49. 500 t/d ÷ 2,5t = 19.800 Vtr 2 1/2 t por faixa, por dia.

## 5-11. CLASSIFICAÇÃO DE RODOVIA SEGUNDO A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)

| CLASSE DA RODOVIA | CLASSE DAS PONTES (NB - 6/1982) | CHAPA DE RODAGEM |
|---|---|---|
| CLASSE ESPECIAL | 45 | Concreto, concreto asfáltico |
| CLASSE II | 30 | Concreto asfáltico, tratamento tipo betuminoso, revestimento primário |
| CLASSE III | 12 | Revestimento primário, terra melhorada |

**OBSERVAÇÕES -** Estas normas aplicam-se aos projetos de estradas federais e aos de estradas de planos regionais. Aplicam-se tanto aos projetos de estradas novas como aos de melhoramentos das estradas existentes. Não existindo nas normas brasileiras, rodovias de classe IV, considerar como tal aquelas cujas características sejam inferiores às previstas para as de Cl III; por exemplo: os caminhos carroçáveis, algumas estradas de terra, etc. São características técnicas de uma rodovia: raio mínimo de curva horizontal, declividade longitudinal (rampa), distância de visibilidade,largura de pista, acostamento, velocidade diretriz.

Tab 5-10. Classificação de rodovias segundo a ABNT

## 5 -12. TRAFEGABILIDADE ATRAVÉS DO CAMPO

| Classe de Trafegabilidade | Tipo de solo | Efeito de deslizamento | Efeito da aderência | Comentários |
|---|---|---|---|---|
| I | Pedregulhos e areia sem coesão (solos granulares) | Pequeno a nenhum | Nenhum | Suporta o tráfego contínuo de Vtr militares. As Vtr de rodas poderão ficar imobilizadas nas areias secas. |
| I , II | Argilas inorgânicas de alta plasticidade, argilas gordas. | Grande a pequeno | Grande a pequeno | Normalmente suportam mais que 50 passagens de Vtr militares. O deslocamento às vezes pode ser difícil. |
| II, III | Pedregulhos com argila, misturas de pedregulhos, areias e argila; areias argilosas, misturas de areia e argila argilas com pedregulhos, argilas arenosas, argilas inorgânicas de plasticidade média e baixa; argilas siltosas. | Grande a pequeno | Médio a pequeno | Normalmente não suportam 50 passagens de Vtr militares. O deslocamento é difícil na maioria dos casos. |
| III, IV | Pedregulhos siltosos; misturas de pedregulhos, areia e silte, siltes inorgânicos e areias muito finas siltosas ou argilosas, siltes argilosos de baixa plasticidade; areias finas micáceas ou diatomáceas; silos siltosos; siltes elásticos; argilas orgânicas de elasticidade média e alta; siltes orgânicos. | Médio a pequeno | Pequeno | Normalmente não suportam 50 passagens de Vtr militares. Muitas vezes não permitem nenhuma passagem. O deslocamento poderá ser extremamente difícil na maioria dos casos. |
| **OBSERVAÇÃO -** Destina-se a classificar os solos para deslocamento através do campo, ou de pistas balizadas. Em tempo chuvoso o deslocamento é praticamente impossível. | | | | |

Tab 5-11. Características de trafegabilidade dos solos úmidos

## ARTIGO IV

## CONTROLE DE TRÁFEGO

### 5 -13. TRAVESSIA NORMAL

Ocorre quando o número-classe da viatura é igual ou inferior à classe da ponte. As viaturas devem manter entre si uma distância mínima de 30 m; a velocidade máxima deverá ser de 40 km/h. Há dois tipos de travessia normal: em um sentido e em dois sentidos.

**a. Normal em um sentido** - Este tipo de travessia é possível quando a classe da Vtr é menor ou igual à classe da ponte de uma via (ou de uma faixa de tráfego). Se a travessia em um sentido for feita em pontes de 2 vias (ou 2 faixas de tráfego), a Vtr deverá manter-se na linha central da ponte.

**b. Normal em dois sentidos -** Este tipo de travessia é possível quando a classe da Vtr for menor ou igual à classe de uma ponte de duas vias. O tráfego nos dois sentidos poderá ser conduzido normalmente neste tipo de travessia.

### 5 -14. TRAVESSIA ESPECIAL

Sob condições excepcionais, o comando do teatro de operações pode autorizar a passagem de Vtr por pontes de classe inferior ao número-classe das Vtr. Essas travessias são conhecidas como especiais e a classe da Pnt pode ser considerada maior, desde que determinadas condições sejam obedecidas. Existem dois tipos de travessia especial: com cautela e com perigo.

**a. Travessia com cautela**

(1) O número-classe para esta travessia pode ser obtido para as pontes fixas não padronizadas militarmente, multiplicando-se o número-classe da ponte de travessia normal em um sentido por 1,25;

(2) O número-classe calculado, sendo um número fracionado, deverá ser aproximado para o número inteiro, menor, mais próximo;

(3) Para pontes fixas padronizadas e para pontes flutuantes, o número-classe para a travessia com cautela é fornecido nos manuais específicos. Para a travessia com cautela as Vtr devem obedecer às prescrições da Tab 5-12.

**b. Travessia com perigo** - Este tipo pode ser feito nas pontes fixas padronizadas e nas pontes flutuantes, em caso de crise, quando houver previsão de perdas excessivas se não for feita a travessia. Devem ser obedecidas às prescrições da Tab 5-12.

| TRAVESSIA | CLASSE | INTER-VALO (m) | VELOCI-DADE (km/h) | LOCALI-ZAÇÃO DA Vtr | OUTRAS RESTRIÇÕES |
|---|---|---|---|---|---|
| Normal | De acordo com a sinalização da ponte | 30 | 40 | Na faixa de tráfego | - |
| Com Cautela | Pontes padronizadas: ver manuais específicos. Pontes não padronizadas: 1,25 x classe normal em 1 sentido. | 50 | 15 | Na linha central | Não parar, não acelerar, não frear. |
| Com perigo | Pontes padronizadas: ver manual específico. Pontes não padronizadas: não atravessar. | 1 Vtr na Pnt por vez | 5 | Na linha central | Não parar, não acelerar, não frear. Inspeção por oficial de Engenharia após cada Vtr ter atrevessado. |

Tab 5-12. Tipos de Travessia

# CAPÍTULO 6

# PONTES FIXAS

## ARTIGO I

## CLASSIFICAÇÃO DE PONTES RODOVIÁRIAS

### 6-1. NOMENCLATURA

**a. Superestrutura -** As pontes com cavalete de madeira são dos tipos mais simples de pontes que podem ser construídas em um teatro de operações. As vigas de madeira ou de aço se apóiam nos encontros e suportes intermediários. Os componentes da superestrutura que suportam as cargas são as vigas, que, na maioria dos casos, são de madeira ou aço. As vigas de madeira podem ter seção quadrada, retangular ou circular. As vigas de aço poderão ter seção simples em I, em H, em U ou ter seção composta obtida pela solda ou rebitagem de diferentes chapas. O comprimento máximo do vão da ponte dependerá das dimensões e características de suporte das vigas.

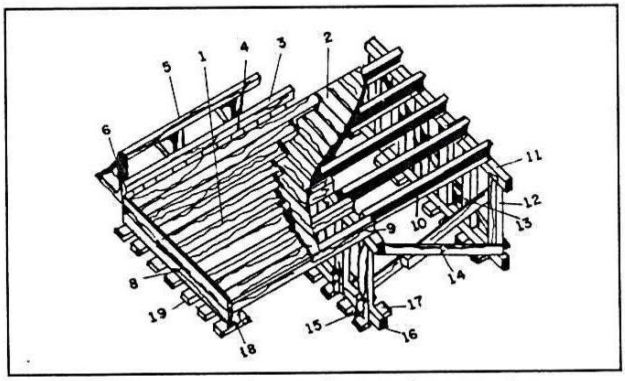



Fig 6-1. Ponte de cavaletes sobre sapatas

| Nr | COMPONENTES | DIMENSÕES USUAIS |
|---|---|---|
| 1 | Piso de uso | 5 x 25 |
| 2 | Piso de repartição | variável |
| 3 | Rodapé | 15 x 15 |
| 4 | Bloco de Rodapé | 15 x 25 |
| 5 | Corrimão | 5 x 10 |
| 6 | Balaústra | 10 x 10 x 90 |
| 7 | Escora | 5 x 10 |
| 8 | Batente | 5 x 25 |
| 9 | Vigas de madeira | Variável |
| 10 | Vigas de aço | Variável |
| 11 | Chapéu | Variável |
| 12 | Perna | Variável |
| 13 | Contraventamento transversal | 5 x 25 ou 7,5 x 20 |
| 14 | Contraventamento longitudinal | 10 x 15 ou 7,5 x 20 |
| 15 | Tala | 5 x 25 |
| 16 | Soleira | Variável |
| 17 | Sapata | Variável |
| 18 | Dormente de encontro | Variável |
| 19 | Sapata de encontro | Variável |
| 20 | Balancim | Variável |

Tab 6-1. Componentes de uma ponte

**b. Infra-estrutura** - Os suportes intermediários que apóiam a superestrutura poderão ser constituídos de cavaletes simples (Fig 6-1), cavaletes de estacas (Fig 6-2), cavaletes de 2 seções (Fig 6-3 e 6-4), ou de uma combinação destes tipos. As águas profundas, as correntezas fortes ou condições de fundação fraca poderão exigir a utilização de estacas.

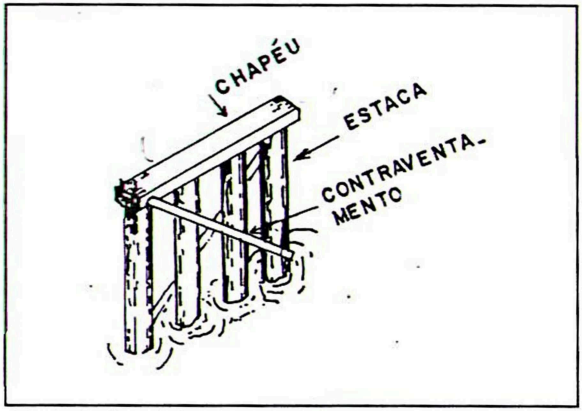



Fig 6-2. Cavalete de estacas de uma seção e vigas

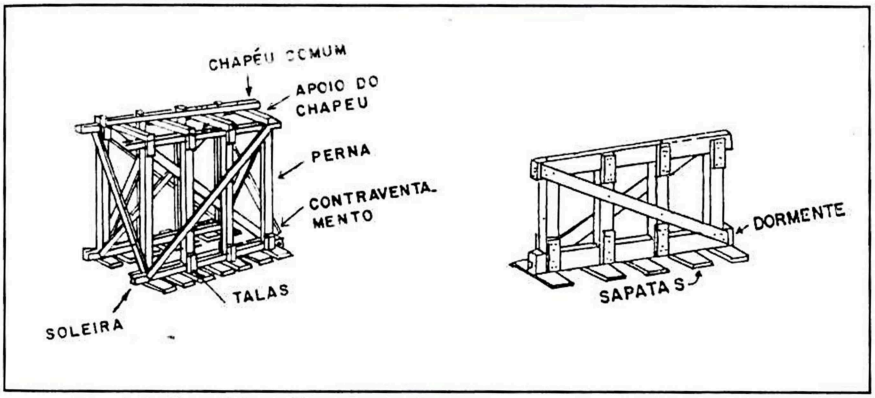



Fig 6-3. Cavalete sobre sapatas em duas seções e de uma seção

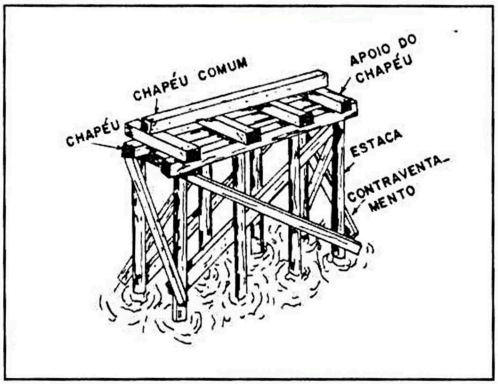



Fig 6-4. Cavalete de estacas de duas seções

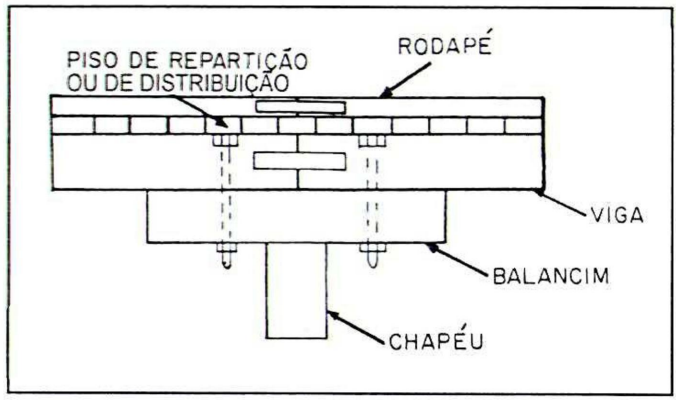



Fig 6-4a. Utilização do balancin na união de duas vigas (lance múltiplo)

## 6-2. CLASSIFICAÇÃO DE PONTES COM VIGAS

**a. Generalidades -** A classificação de pontes, aqui apresentada, é baseada apenas no cálculo da superestrutura que, normalmente, é a parte determinante da classe da ponte. O processo para projeto da infra-estrutura é apresentado no parágrafo 6-6. Comparando-se o resultado do cálculo teórico da infra-estrutura com o da superestrutura da ponte, será determinado se a classe da ponte deverá ser baixada ou não. Tanto a superestrutura como a infra-estrutura deverão ser examinadas para verificar a eventual existência de avarias, determinando-se, caso positivo, seu efeito na classificação da ponte.

**b. Classificação de pontes com vigas de MADEIRA -** Classificar o lance mais fraco para obter a classificação da ponte. Se for difícil determinar o lance mais fraco, classificar todos os lances, da maneira que se segue:

(1) medir a largura e a altura das vigas (diâmetro, se circular), comprimento do lance e largura útil da pista. Contar o número total de vigas no vão (N);

(2) obter o momento admissível por viga (m) da tabela 6-2 $m = df \times W$

(3) obter as cargas permanentes por metro, devidas ao peso próprio (G) no ábaco correspondente (Fig 6-5) e então dividir pelo número total de vigas para conseguir g (carga permanente por viga);

(4) tendo g e o comprimento do vão, determinar o momento por viga ($m_g$) devido às cargas permanentes com auxílio do ábaco da Fig 6-6 ou calcular aplicando a fórmula: $m_g = gL^2/8$

(5) calcular o momento admissível, por viga, das cargas móveis, pela expressão: $m_m = m - m_g$ (não é usado impacto nas vigas de madeira);

**OBSERVAÇÃO**: verificar o vão máximo $L_m$ da viga. Se o $L_m$ obtido na tabela 6-2 é maior do que o vão L, prosseguir para o número (6). Se o $L_m$ é menor do que o vão L, reduzir $m_m$ na proporção $L_m/L$ e prosseguir para o número (6).

(6) calcular o afastamento S, das vigas, eixo a eixo: $S = L_U/N-1$ onde:

$L_U$ = largura útil da pista (metros)

N = número de vigas

Obter o número de vigas efetivas ou teóricas ($N_1$), que suportam a carga móvel, para tráfego de uma coluna em um sentido, na figura 6-7, ou na tabela 6-5.

Calcular o número de vigas efetivas ou teóricas para tráfego em dois sentidos, ($N_2$), pela expressão: $N_2 = 3/8N$ onde:

N = número total de vigas no lance

Comparar $N_1$ com $N_2$. Se $N_2$ for maior que $N_1$, a classe para tráfego em um ou dois sentidos será a mesma e o valor de $N_1$ será usado para determinar a classe. $N_2$ sendo menor que $N_1$, $N_2$ será usado para determinar a classe para tráfego em dois sentidos e $N_1$ para um sentido;

**OBSERVAÇÃO**: se $L_u < 5,5$ não é necessário calcular $N_2$.

(7) determinar o momento das cargas móveis por via ou faixa de tráfego ($M_m$), na Fig 6-8, com os valores de $m_m$ obtidos no item (5) e de $N_1$ ou $N_2$ no item (6);

$$M_m = N_{1,2} \times m_m, \text{ isto é, } M_m = N_1 \times m_m \text{ ou } N_2 \times m_m$$

(8) determinar a classe da ponte baseando-se no momento fletor, entrando na Fig 6-9, com $M_m$ obtido no item (7) e o comprimento do vão;

(9) obter o esforço cortante máximo admissível por viga (q) da tabela 6-2;

(10) tendo g do item (3) e o comprimento do vão, determinar o esforço cortante das cargas permanentes por viga, da Fig 6-6, ($q_g$)

$$q_g = g \times L/2$$

(11) conhecendo o esforço cortante máximo admissível por viga (q) do item (9) e o esforço cortante das cargas permanentes, item (10), calcular o esforço cortante admissível para cargas móveis, por viga, pela expressão:

$$q_m = q - q_g$$

(12) determinar o esforço cortante de cargas móveis por via ou faixa de tráfego, $Q_m$, entrando na Fig 6-10 com $q_m$ e $N_1$ ou $N_2$ (item 6).

$$Q_m = (16 \times q_m / 3) ( N_{1,2} / (N_{1,2} + 1)$$

(13) determinar a classificação da ponte baseando-se no esforço cortante obtido na Fig 6-11 com os valores $Q_m$ (item 12) e o comprimento do vão;

(14) comparar as classificações obtidas no item (8) para momentos e no item (13) para cortante. A MENOR classe das duas será a classe da ponte;

(15) verificar a largura e o gabarito (tabela 5-2 e 5-3);

(16) verificar o piso da ponte (Fig 6-12), baseando-se na espessura do piso e espaçamento das vigas. Baixar a classificação da ponte se for o caso;

(17) verificar o contraventamento lateral. Os contraventamentos são necessários, de acordo com a tabela 6-2. Se necessário, colocar contraventamentos antes de afixar a placa da classe da ponte.

**c. Exemplo Nr 1 - Classificação da ponte com vigas de madeira -** Classificar uma ponte de vigas de madeira, duas vias, sem limitação de gabarito, vão de 6,0m, com 10 vigas, cada uma de 10" x 18", largura da pista de rolamento de 7,30m; piso de madeira com 5" de espessura. Não há contraventamentos laterais.

(1) m = 1.493,64 t x cm

(2) G = 1,67 t/m

g = 1,67/10 = 0,167 t/m

(3) $m_g$ = 76 t x cm

(4) $m_m = m - m_g$ = 1.493,64 - 76,00

$m_m$ = 1,417 t x cm

$L_m$ = 6,55 m maior que 6,0 m - verificado

(5) S = 7,30/9 = 0.81 m

$N_1$ = 2,88

$N_2$ = 3/8 x 10 = 3,75

A classe para tráfego em um ou dois sentidos é a mesma.

(6) $M_m$ = 4,080 t x cm

(7) Classe baseada no momento fletor: 62R e 43L

(8) q = 8,16t (tabela 6-2)

(9) Para g = 0,167 t/m, $q_g$ = 0,51t (Fig 6-6)

(10) $q_m$ = 8,16 - 0,51 = 7,65 t

(11) $Q_m$ = 30,3 t (Fig 6-10)

(12) Classe baseada no esforço cortante 63R e 51L

(13) Comparando as classificações obtidas em (12) e (7) a classe para tráfego em um ou dois sentidos será 62R e 43L.

(14) Não há restrições de largura ou de gabarito para classe 43L, havendo restrição na largura para tráfego em 2 vias na classe 62R (ver tabela 5-2). Para duas vias a classe será 60R.

(15) A espessura do piso é de 5" = 12,5 cm, com vigas espaçadas de 0,81m o que resultará na classificação 40 para rodas e lagartas, sendo então a espessura do piso que comandará a classificação. Teremos então finalmente a Classe 40 para viaturas de roda e lagarta.

(16) Não há necessidade de contraventamentos.

**d. Exemplo Nr 2 - Classificação de pontes com vigas de madeira -** Classificar uma ponte com vigas de madeira, uma via, sem limitação de gabarito, vão de 5 m, com 4 vigas, cada uma de 30 x 30 cm, largura da pista de rolamento de 2,9 m, piso de pranchões de 10 cm de espessura; não há contraventamentos laterais.

(1) m = 796,61 t x cm

(2) G = 1,53 t/m x (2,9 / 7,3) = 0,61 t/m

g = 0,61/4 = 0,153 t/m

(3) $m_g$ = gL 2/8 = 0,153 x 25/8 = 0,4781 = 47,81 t x cm

(4) $m_m = m - m_g$ = 796,61 - 47,81 = 748,8 t x cm

$L_m$ = 4,36 m < 5 m; $m_m$ = 748,8 x 4,36/5 = 652,95 t x cm

(5) $S = L_u/(N-1)$ = 2,9/3 = 0,96 m

$N_1$ = 2,59

$N_2$ = 3 / 8 x 4 = 1,5... (não é o caso, pois só há uma via)

(6) $M_m = N_1 \times m_m$ = 2,59 x 652,95 = 1.691,14 t x cm

(7) Classe ao fletor - 22 R e 22L

(8) q = 6,53 t

(9) $q_g$ = gL/2 = 0,153 x 5/2 = 0,383 t

(10) $q_m = q - q_g$ = 6,53 - 0,383 = 6,147 t

(11) $Q_m = 16/3 \times q_m$ (2,59/3,59) = 16/3 x 6,147 x 2,59/3,59 = 23,65 t

(12) Classe ao cortante 48R e 41L

(13) Fletor: 22RI / 22L; Cortante: 48RI / 41L; Classe 22 R e L

(14) Largura 2,9 m, classe 12 (2,75 m), sem placa de restrição. Para a Classe 22 seriam necessários 3,35 m de largura útil; colocar a placa de restrição de largura.

(15) Piso: 10 cm/S = 0,96 m; classe 12 - classe final

(16) Contraventamentos: Não são necessários.

**e. Classificação de pontes com vigas de AÇO** - Escolher o lance mais fraco para obter a classificação da ponte. Se for difícil identificá-lo, usar o processo para todos os vãos, da maneira que se segue:

(1) medir as dimensões das vigas para poder classificá-las nas tabelas Nr 6-3 e 6-4; medir o comprimento do vão e largura da pista; contar o número de vigas em um vão. Medir o gabarito, se necessário.

(2) idem ao item 6-2 b (2) com exceção do uso da tabela 6-3.

(3) idem 6-2 b (3).

(4) idem 6-2 b (4).

(5) calcular o momento das cargas móveis, por viga, $m_m$, tendo m, do item (2), e mg, do item (4).

$m_m = (m - m_g)/ 1,15$ onde: 1,15 = fator de impacto

**OBSERVAÇÃO**: verificar o vão máximo, $L_m$, como no item 6-2 b (5)

(6) idem 6-2 b (6)

(7) idem 6-2 b (7)

(8) idem 6-2 b (8)

(9) idem 6-2 b (9)

(10) idem 6-2 b (10)

(11) idem 6-2 b (11)

(12) determinar o esforço cortante para cargas móveis, por via (Qm):

$Qm = 2\ qm/1,15$

(13) idem 6-2 b (13)

(14) idem 6-2 b (14)

(15) idem 6-2 b (15)

(16) idem 6-2 b (16)

(17) idem 6-2 b (17). Usar para o número de contraventamentos laterais:

$N_c = L/S_c + 1$ onde: L = vão da ponte

$S_c$ = espaçamento máximo entre contraventamentos de uma viga de aço, dado pela tabela 6-3 e 6-4.

**f. Exemplo Nr 3 - Classificação de ponte com vigas de AÇO -** Classificar uma ponte de 10 vigas de aço, da CSN (Companhia Siderúrgica Nacional), perfil "I" 12" x 5 1/4" b = 133,4 mm, com piso de madeira de 5" de espessura, vão de 6,0 m e largura útil de 7,3 m. Não há limitação de gabarito nem contraventamentos laterais.

(1) m = 1.411,7 t x cm (tabela 6-3)

(2) G = 1,55 t/m

g = 1,55/10 = 0,155 t/m

(3) $m_g$ = 70 t x cm (Fig 6-6)

(4) $m_m = (m - m_g) / 1,15 = (1.411,7 - 70) / 1,15 = (1.341,7) / 1,15 = 1.170$ t x cm

$L_m$ = 9,2 m, maior que 6,0m (tabela 6-3)

(5) S = 7,30 / (N - 1) = 7,30 / 9 = 0,81m

$N_1$ = 2,88 (da figura 6-7)

$N_2$ = 3/8 N = 3/8 x 10 = 3,75

Como $N_2$ é maior do que $N_1$, as classes para tráfego em um ou dois sentidos serão de mesmo valor. Usar $N_1$ para obter a classe dos dois tipos.

(6) $M_m$ = 3.360 t x cm

(7) Classificação baseada no momento (Fig 6-9 ou Tab 6-11 / 6-12)

50 R e 35 L

(8) q = 36,83 t (tabela 6-3)

(9) para g = 0,155 t / m, $q_g$ = 0,47 t (fig 6-6)

(10) $q_m = q - q_g = 36,83 - 0,47 = 36,36$ t

(11) $Q_m - 2\ q_m / 1,15 = 2 \times 36,36/1,15 = 63,2$ t

(12) Classificação baseada no esforço cortante (Fig 6-11 ou Tab 6-13 / 6-14) 150R e maior que 150 para lagartas.

(13) A classificação obtida pelo momento fletor é a que predomina (50 R e 35 L)

(14) Não há restrições de largura e gabarito

(15) A espessura do piso de 5" e o espaçamento das vigas de 0,81m nos darão a classificação de 40 para veículos de lagartas e de rodas (Fig 6-12)

(16) A classificação final será a de 40 R e 35 L

(17) Número de contraventamentos:

$N_c = L / S_c + 1$

$N_c = 6,0 / 2,9 + 1$

$N_c = 2,06 + 1$

$N_c = 3,06 \cong 4$ (4 contraventamentos laterais deverão ser colocados)

**g. EXEMPLO Nr 4 - Classificação de ponte com vigas de aço -** Classificar a ponte com vigas de aço, com as seguintes características:

$L_u$ = 5 m, 5 vigas, vão de 11m, piso de 15 cm, viga "I" de 20" x 7" b = 179,1 mm (CSN)

(1) m = 4,712 t x cm

(2) G = 1,84 x 5 / 7,3 = 1,26 t / m

g = G / N = 1,26 / 5 = 0,252 t / m

(3) $m_g = gL^2 / 8 = 0,252 \times 11^2 / 8 = 3,811$ t x m = 381,1 t x cm

(4) $m_m = (4.712 - 381,1) / 1,15 = 4.330,9 / 1,15$ t x cm = 3.766 t x cm

$L_m = 15,2 > 11$ m

(5) $S = L_u / (N - 1) = 5 / 4 = 1,25$ m

$N_1 = 1,524 / 1,25 + 1 = 2,22$ (não se cogita de $N_2$, porque $L_u$ = 5 m)

(6) $M_m = N_1 \times m_m = 2,22 \times 3.766 = 8.360,5$ t x cm

(7) Classe quanto ao momento: 50 R e 40 L

(8) q = 88,84 t

(9) $q_g = g\ L/2 = 0,252 \times 11/2 = 1,386$ t

(10) $q_m = 88,84 - 1,386 = 87,454$ t

(11) $Q_m = 2q_m / 1,15 = 2 \times 87,454 / 1,15 = 152,09$ t

(12) Classe quanto ao cortante - 150 R/L

(13) Classe 59R e 40L

(14) Largura 5,0 m - classe 60 (Tab 5-2)

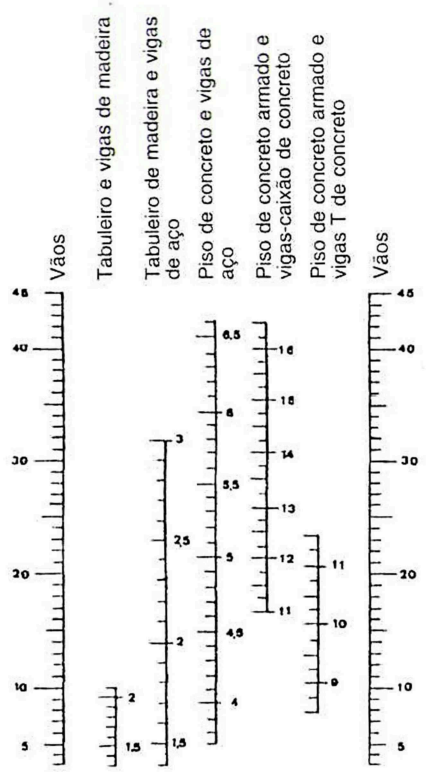
(15) Piso S = 1,25 m; esp = 15 cm } Cl 33

Classe final - 33 R e L (o piso será crítico)

(16) Contraventamentos laterais

$N_c = L / S_c + 1 = 11/3,3 + 1 = 3,33 + 1 = 4,35 \cong 5$

Serão necessários 5 contraventamentos laterais (caso não existam, deverão ser colocados na Pnt)




Carga permanente por metro para vários tipos de pontes em t/m

1 - O vão é considerado de centro a centro de vigas (metros)

2 - Todas cargas permanentes estão em t/m

3 - As cargas foram calculadas para uma largura de pista de 7,30 m; se a largura da pista for diferente, multiplique por x / 7,30 sendo x a largura existente

Fig 6-5. Abaco para cargas permanentes (G)

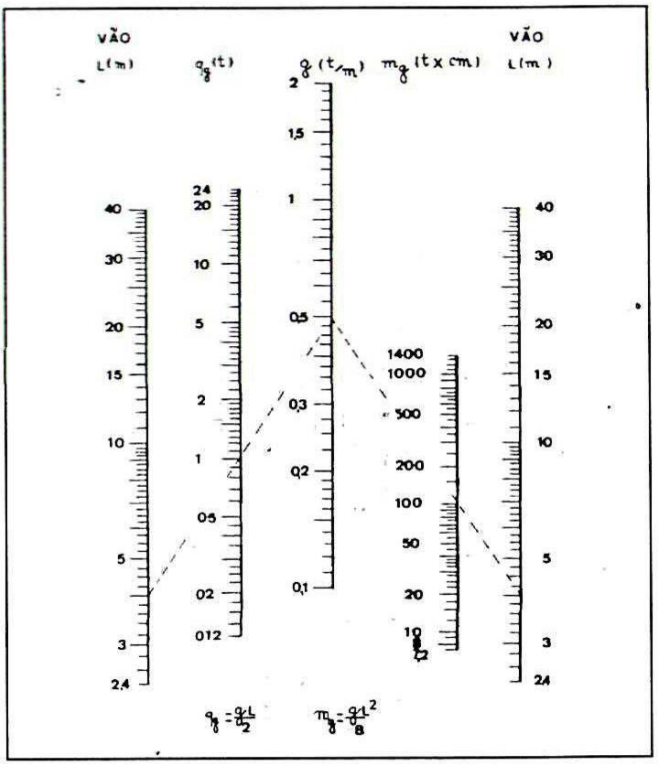



Fig 6-6. Esforço cortante e momento fletor das cargas permanentes

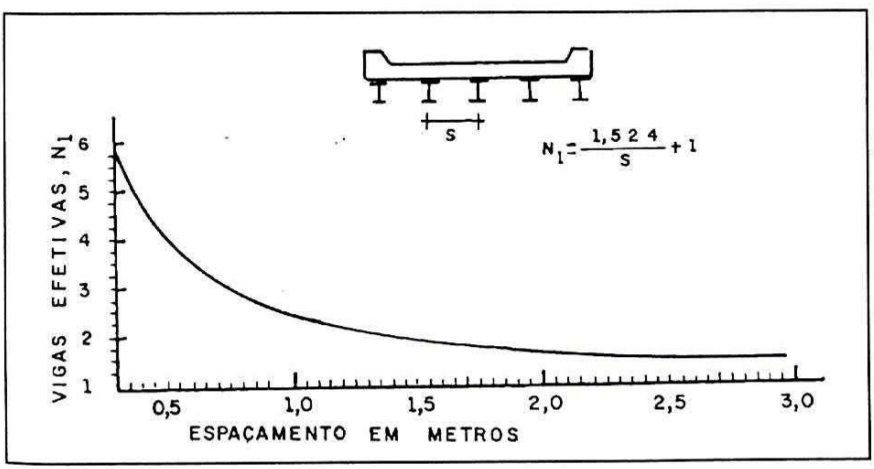



Fig 6-7. Espaçamento de vigas

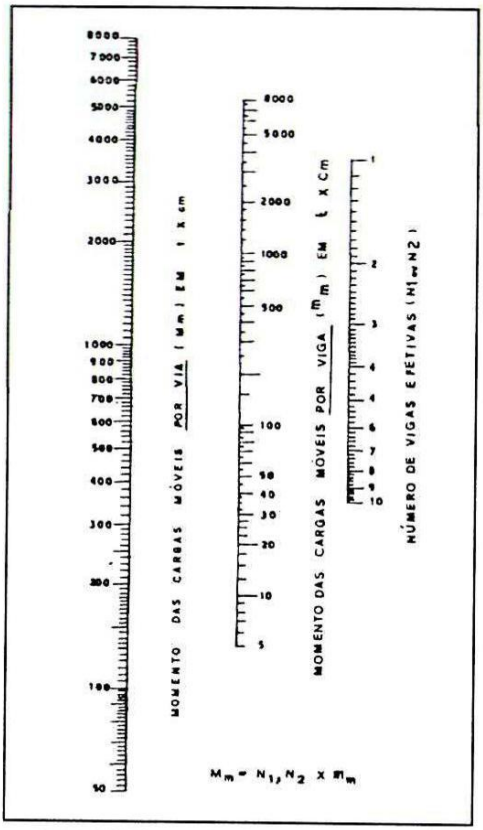



Fig 6-8. Momento das cargas móveis

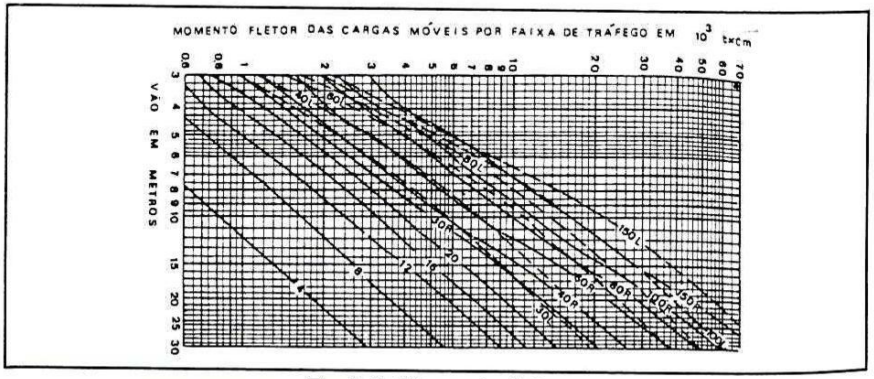



Fig 6-9. Momento fletor

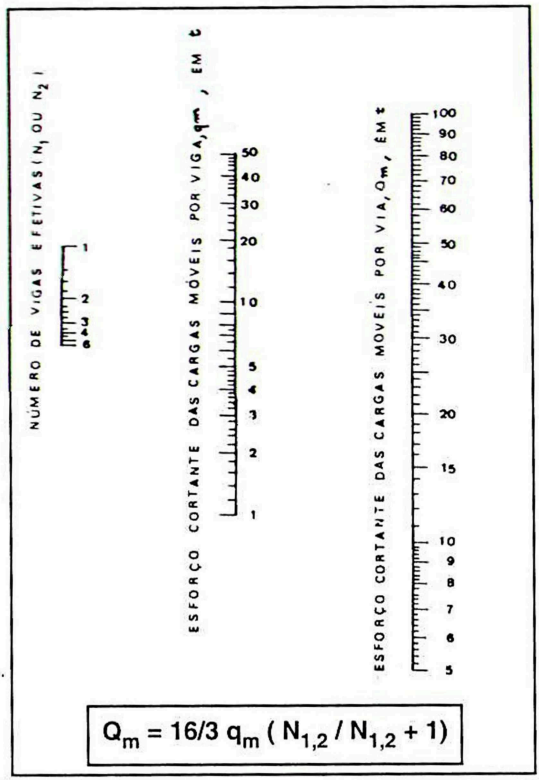



Fig 6-10. Esforço cortante das cargas móveis por via

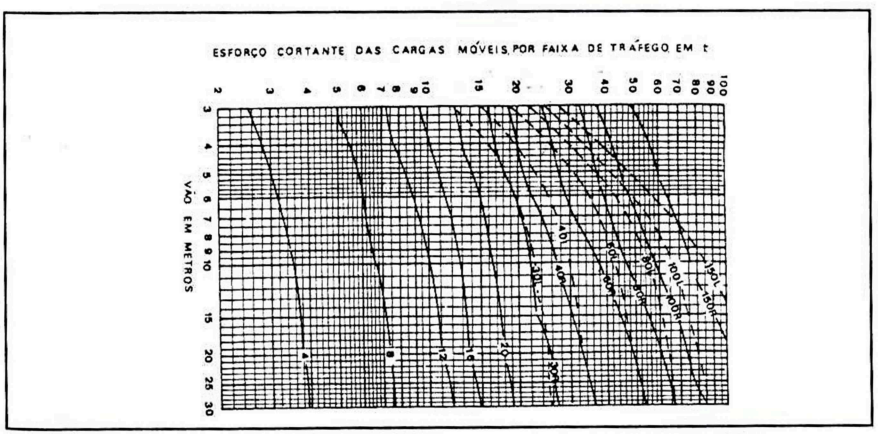



Fig 6-11. Esforço cortante

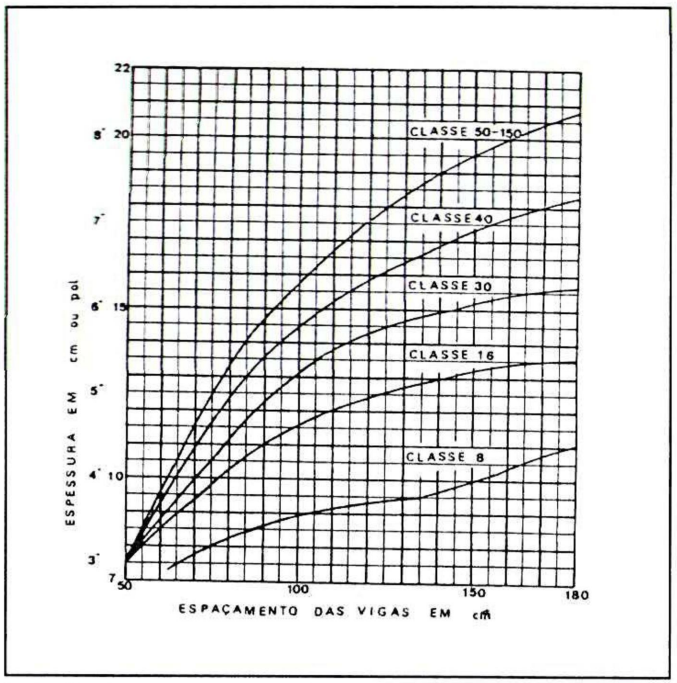



Fig 6-12. Espessura necessária de piso de repartição de madeira

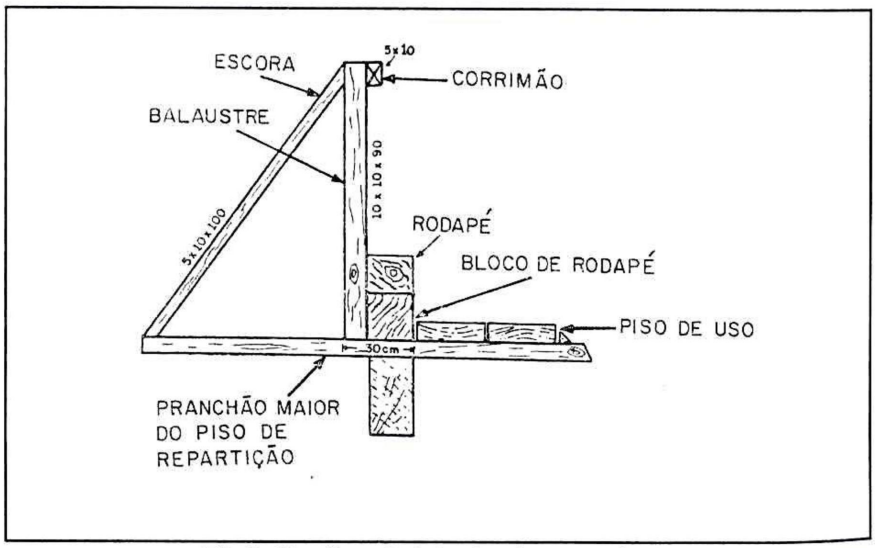



Fig 6-12a. Constituição do piso e corrimão

| DIMENSÕES | | MOMENTO ADM | ESF CORTANTE ADM | VÃO MÁX. | DIMENSÕES | | MOMENTO ADM | ESF CORTANTE- E ADM | VÃO MÁX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| b x d (cm) | b x d (pol) | m (t x cm) | q (t) | Lm (metros) | b x d (cm) | b x d (pol) | m (t x cm) | q (t) | Lm (metros) |
| 10 x 20 | 4 x 8 | 117.96 | 1.45 | 2.90 | 30 x 50 | 12 x 20 | 2212.80 | 10.89 | 7.25 |
| * 10 x 25 | 4 x 10 | 184.35 | 1.81 | 3.63 | 30 x 55 | 12 x 22 | 2677.49 | 11.98 | 7.99 |
| * 10 x 30 | 4 x 12 | 265.54 | 2.18 | 4.36 | 30 x 60 | 12 x 24 | 3180.90 | 13.06 | 8.72 |
| 15 x 20 | 6 x 8 | 177.02 | 2.18 | 2.90 | 35 x 35 | 14 x 14 | 1265.45 | 8.89 | 5.09 |
| 15 x 25 | 6 x 10 | 276.60 | 2.72 | 3.63 | 35 x 40 | 14 x 16 | 1652.69 | 10.16 | 5.82 |
| 15 x 30 | 6 x 12 | 398.30 | 3.27 | 4.36 | 35 x 45 | 14 x 18 | 2091.10 | 11.43 | 6.55 |
| * 15 x 35 | 6 x 14 | 542.14 | 3.81 | 5.09 | 35 x 50 | 14 x 20 | 2582.06 | 12.70 | 7.25 |
| * 15 x 40 | 6 x 16 | 708.00 | 4.35 | 5.82 | 35 x 55 | 14 x 22 | 3125.60 | 13.97 | 7.99 |
| * 15 x 45 | 6 x 18 | 896.18 | 4.90 | 7.77 | 35 x 60 | 14 x 24 | 3720.27 | 15.24 | 8.71 |
| 20 x 20 | 8 x 8 | 236.08 | 2.90 | 2.90 | 40 x 40 | 16 x 16 | 1887.80 | 11.61 | 5.82 |
| 20 x 25 | 8 x 10 | 369.26 | 3.63 | 3.63 | 40 x 45 | 16 x 18 | 2389.82 | 13.06 | 6.55 |
| 20 x 30 | 8 x 12 | 531.07 | 4.35 | 4.36 | 40 x 50 | 16 x 20 | 2945.79 | 14.51 | 7.25 |
| 20 x 35 | 8 x 14 | 723.31 | 5.08 | 5.09 | 40 x 55 | 16 x 22 | 3568.14 | 15.97 | 7.99 |
| 20 x 40 | 8 x 16 | 944.59 | 5.80 | 5.82 | 40 x 60 | 16 x 24 | 4245.81 | 17.42 | 8.72 |
| * 20 x 45 | 8 x 18 | 1194.91 | 6.53 | 6.55 | 45 x 45 | 18 x 18 | 1688.55 | 14.70 | 6.55 |
| * 20 x 50 | 8 x 20 | 1475.66 | 7.44 | 7.25 | 45 x 50 | 18 x 20 | 3319.20 | 16.33 | 7.25 |
| * 20 x 55 | 8 x 22 | 1785.45 | 7.98 | 7.99 | 45 x 55 | 18 x 22 | 4010.70 | 17.96 | 7.99 |
| * 20 x 60 | 8 x 24 | 2124.29 | 8.71 | 8.71 | 45 x 60 | 18 x 24 | 4785.18 | 19.60 | 8.72 |
| 25 x 25 | 10 x 10 | 460.54 | 4.54 | 3.63 | 20 0 | 8 0 | 138.99 | 2.58 | 2.90 |
| 25 x 30 | 10 x 12 | 663.84 | 5.44 | 4.36 | 22,5 0 | 9 0 | 197.91 | 3.27 | 3.26 |
| 25 x 35 | 10 x 14 | 903.10 | 6.35 | 5.09 | 25 0 | 10 0 | 271.48 | 3.99 | 3.63 |
| 25 x 40 | 10 x 16 | 1179.70 | 7.26 | 5.82 | 27,5 0 | 11 0 | 360.96 | 4.80 | 3.99 |
| 25 x 45 | 10 x 18 | 1493.64 | 8.16 | 6.55 | 30 0 | 12 0 | 468.84 | 5.76 | 4.36 |
| 25 x 50 | 10 x 20 | 1843.54 | 9.07 | 7.25 | 32,5 0 | 13 0 | 596.07 | 6.80 | 4.72 |
| * 25 x 55 | 10 x 22 | 2230.78 | 9.98 | 7.99 | 35 0 | 14 0 | 745.44 | 7.89 | 5.09 |
| * 25 x 60 | 10 x 24 | 2655.36 | 10.89 | 8.72 | 40 0 | 16 0 | 1111.93 | 10.25 | 5.82 |
| 30 x 30 | 12 x 12 | 796.61 | 6.53 | 4.36 | 45 0 | 18 0 | 1583.54 | 12.97 | 6.55 |
| 30 x 35 | 12 x 14 | 1084.27 | 7.62 | 5.09 | 50 0 | 20 0 | 2172.69 | 16.06 | 7.25 |
| 30 x 40 | 12 x 16 | 1416.19 | 8.70 | 5.82 | 55 0 | 22 0 | 2890.47 | 19.37 | 7.99 |
| 30 x 45 | 12 x 18 | 1792.37 | 9.80 | 6.55 | 60 0 | 24 0 | 3747.93 | 23.04 | 8.72 |

**OBSERVAÇÕES**: ∅ = Diâmetro

* = Necessário contraventamento lateral no meio do vão e nos dois apoios

a) Para vigas retangulares não incluídas, $m = 0{,}029\ b\ d^2$

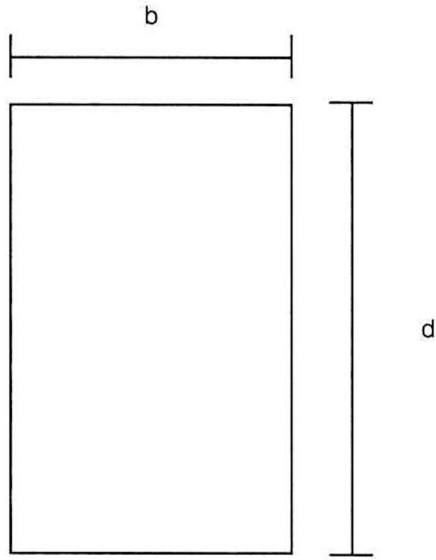
Tab 6-2. Características das vigas de madeira

b) Para vigas circulares não incluídas, $m = 0{,}0174\ d^3$
c) Para vigas retangulares não incluídas, $q = 0{,}00726 \times bd$
d) Para vigas circulares não incluídas, $q = 6{,}41 \times 10^{-3}\ d^2$
e) Para vigas não incluídas, $Lm = 0{,}145 \times d$
f) $\sigma f = 169$ kg/cm2
g) $\tau = 10{,}50$ kg/cm2

h) $m = \sigma f \times W = \delta f \times \left(\frac{bd^2}{6}\right)$ (seção retangular)

i) $q = \left(\frac{2}{3}\right)\tau \times bd$ (seção retangular)

j) Quando forem conhecidos os valores das tensões resistentes da madeira das vigas, estes deverão ser empregados.

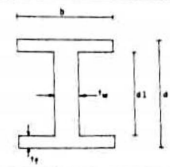



Tab 6-2. Características das vigas de madeira (continuação)

| TAMANHO NOMINAL | d | b | tf | tw | m | q | Lm | Sc |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mm ou polegadas) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (t x cm) | (t) | (m) | (m) |
| I (3 x 2 3/8) ou 76,2 x 60,3 | 76.2 | 59.2 | 6.6 | 4.32 | 52.44 | 3.15 | 2.3 | 2.0 |
| | 76.2 | 61.2 | 6.6 | 6.38 | 56.24 | 4.66 | 2.3 | 2.1 |
| | 76.2 | 63.7 | 6.6 | 8.86 | 60.80 | 6.47 | 2.3 | 2.2 |
| I (4 x 2 5/8) 101,6 x 66,7 | 101.6 | 67.6 | 7.4 | 4.83 | 94.43 | 4.86 | 3.1 | 2.0 |
| | 101.6 | 69.2 | 7.4 | 6.43 | 99.56 | 6.47 | 3.1 | 2.0 |
| | 101.6 | 71.0 | 7.4 | 8.28 | 105.64 | 8.33 | 3.1 | 2.1 |
| | 101.6 | 72.9 | 7.4 | 10.16 | 111.91 | 10.23 | 3.1 | 2.1 |
| I (5 x 3) 127 x 76,2 | 127.0 | 76.2 | 8.3 | 5.33 | 152.76 | 6.82 | 3.8 | 2.0 |
| | 127.0 | 79.7 | 8.3 | 8.81 | 170.62 | 11.27 | 3.8 | 2.1 |
| | 127.0 | 83.4 | 8.3 | 12.55 | 189.62 | 16.06 | 3.8 | 2.2 |
| I (6 x 3 3/8) 152,4 x 85,7 | 152.4 | 84.6 | 9.1 | 5.84 | 229.14 | 9.08 | 4.6 | 2.0 |
| | 152.4 | 87.5 | 9.1 | 8.71 | 250.23 | 13.54 | 4.6 | 2.1 |
| | 152.4 | 90.6 | 9.1 | 11.81 | 273.03 | 18.37 | 4.6 | 2.2 |
| I (8 x 4) 203,2 x 101,6 | 203.2 | 101.6 | 10.8 | 6.86 | 448.40 | 14.44 | 6.1 | 2.2 |
| | 203.2 | 103.6 | 10.8 | 8.86 | 475.00 | 18.65 | 6.1 | 2.2 |
| | 203.2 | 105.9 | 10.8 | 11.20 | 505.40 | 23.58 | 6.1 | 2.3 |
| | 203.2 | 108.3 | 10.8 | 13.51 | 535.80 | 28.45 | 6.1 | 2.3 |
| I (10 x 4 5/8) 254 x 117,5 | 254.0 | 118.4 | 12.5 | 7.90 | 769.50 | 20.98 | 7.6 | 2.3 |
| | 254.0 | 121.8 | 12.5 | 11.40 | 839.80 | 30.27 | 7.6 | 2.4 |
| | 254.0 | 125.6 | 12.5 | 15.10 | 915.80 | 40.10 | 7.6 | 2.5 |
| | 254.0 | 129.3 | 12.5 | 18.80 | 991.80 | 49.93 | 7.6 | 2.5 |
| I (12 x 5 1/4) 304,8 x 133,4 | 304.8 | 133.4 | 16.7 | 11.70 | 1411.70 | 36.83 | 9.2 | 2.9 |
| | 304.8 | 136.0 | 16.7 | 14.40 | 1491.50 | 45.33 | 9.2 | 3.0 |
| | 304.8 | 139.1 | 16.7 | 17.40 | 1582.70 | 54.77 | 9.2 | 3.1 |
| | 304.8 | 142.2 | 16.7 | 20.60 | 1673.90 | 64.84 | 9.2 | 3.1 |
| I (15 x 5 1/2) 381 x 139,7 | 381.0 | 139.7 | | 10.40 | 1852.50 | 45.95 | 11.5 | |
| | 381.0 | 140.8 | | 11.50 | 1901.90 | 50.81 | 11.5 | |
| | 381.0 | 143.3 | | 14.00 | 2015.90 | 61.87 | 11.5 | |
| | 381.0 | 145.7 | | 16.50 | 2131.80 | 72.91 | 11.5 | |
| I (18 x 6) 457,2 x 152,4 | 457.2 | 152.4 | 17.6 | 11.70 | 2781.60 | 57.26 | 13.7 | 2.4 |
| | 457.2 | 154.6 | 17.6 | 13.90 | 2927.90 | 68.04 | 13.7 | 2.4 |
| | 457.2 | 156.7 | 17.6 | 16.00 | 3064.70 | 78.32 | 13.7 | 2.4 |
| | 457.2 | 158.8 | 17.6 | 18.10 | 3203.40 | 88.60 | 13.7 | 2.4 |
| I (20 x 7) 508 x 177,8 | 508.0 | 177.8 | 23.3 | 15.20 | 4617.00 | 81.35 | 15.2 | 3.3 |
| | 508.0 | 179.1 | 23.3 | 16.60 | 4712.00 | 88.84 | 15.2 | 3.3 |
| | 508.0 | 181.0 | 23.3 | 18.40 | 4864.00 | 98.47 | 15.2 | 3.3 |
| | 508.0 | 182.9 | 23.3 | 20.30 | 5035.00 | 108.64 | 15.2 | 3.4 |
| | 508.0 | 184.7 | 23.3 | 22.20 | 5187.00 | 118.81 | 15.2 | 3.4 |
| H ou WF (4 x 4) 101,6 x 101,6 | 101.6 | 101.6 | | 7.95 | 167.20<br>298.30 | | 3.0 | |
| H ou WF (5 x 5) 127 x 127 | 127.0 | 127.0 | | 7.95 | 298.30 | | 3.8 | |
| H ou WF (6 x 6) 152,4 x 152,4 | 152.4 | 150.8 | | 7.95 | 488.30 | | 4.57 | |
| | 152.4 | 154.0 | | 11.13 | 511.10 | | 5.57 | |

$m = d\,t_f \times w = 1{,}9\,d_i\,(b\,t + d_i\,t_w/6)$

$q = 1{,}16\,(d_i \times t_w)$




Tab 6-3. Características das vigas de aço fabricadas no Brasil (CSN)

| TAMANHO NOMINAL (polegadas) | d (mm) | b (mm) | tf (mm) | tw (mm) | m (t x cm) | q (t) | Lm (m) | Sc (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 51 BU 278 | 1301.75 | 355.60 | 41.28 | 19.05 | 42447 | 270.0 | 40.6 | 4.6 |
| 39 WF 211 | 996.95 | 298.50 | 36.58 | 19.05 | 24497 | 204.0 | 30.5 | 4.6 |
| 37 WF 206 | 946.15 | 298.50 | 36.58 | 19.05 | 22919 | 193.0 | 29.0 | 4.6 |
| 36 WF 300 | 933.45 | 422.30 | 42.93 | 23.88 | 34406 | 236.0 | 28.7 | 7.8 |
| 36 WF 194 | 927.10 | 308.00 | 31.75 | 20.57 | 20649 | 196.0 | 28.4 | 4.3 |
| 36 WF 182 | 923.93 | 307.96 | 30.23 | 19.05 | 19334 | 184.0 | 28.4 | 4.0 |
| 36 WF 170 | 917.58 | 304.80 | 28.58 | 26.92 | 18020 | 173.0 | 28.0 | 3.7 |
| 36 WF 160 | 914.40 | 304.80 | 25.40 | 17.53 | 16843 | 166.0 | 28.0 | 3.5 |
| 36 WF 230 | 911.23 | 419.40 | 31.75 | 19.05 | 26005 | 191.0 | 27.8 | 6.0 |
| 36 WF 150 | 911.23 | 304.80 | 23.88 | 15.88 | 15653 | 159.0 | 27.8 | 3.2 |
| 36 WF 201 | 898.53 | 298.45 | 36.58 | 19.05 | 21383 | 183.0 | 27.5 | 4.9 |
| 33 WF 196 | 847.73 | 298.45 | 36.58 | 19.05 | 19832 | 171.0 | 25.9 | 5.2 |
| 33 WF 220 | 844.55 | 400.05 | 31.75 | 20.57 | 22988 | 178.0 | 25.9 | 6.1 |
| 33 WF 141 | 844.55 | 292.10 | 23.88 | 15.88 | 13909 | 142.0 | 25.9 | 3.4 |
| 33 WF 130 | 841.38 | 292.10 | 22.23 | 14.22 | 12608 | 136.0 | 25.9 | 3.0 |
| 33 WF 200 | 838.20 | 400.05 | 28.58 | 19.05 | 20843 | 164.0 | 25.6 | 5.6 |
| 31 WF 180 | 800.10 | 298.45 | 33.27 | 17.53 | 18366 | 148.0 | 24.4 | 5.0 |
| 30 WF 124 | 765.18 | 266.70 | 23.88 | 15.88 | 11030 | 124.0 | 23.5 | 3.4 |
| 30 WF 116 | 762.00 | 266.70 | 22.23 | 14.22 | 10214 | 119.0 | 23.2 | 3.0 |
| 30 WF 108 | 758.83 | 266.70 | 19.05 | 14.22 | 9300 | 116.0 | 23.2 | 2.8 |
| 30 WF 175 | 749.30 | 298.45 | 33.27 | 17.53 | 15999 | 138.0 | 22.9 | 5.3 |
| 27 WF 171 | 698.50 | 298.45 | 33.27 | 17.53 | 14657 | 128.0 | 21.4 | 5.6 |
| 27 WF 102 | 688.98 | 254.00 | 20.57 | 12.70 | 8290 | 99.0 | 21.1 | 3.0 |
| 27 WF 94 | 682.63 | 254.00 | 19.05 | 12.70 | 7557 | 93.0 | 20.7 | 2.8 |
| 26 WF 157 | 647.70 | 298.45 | 31.75 | 15.88 | 12664 | 108.0 | 19.8 | 5.8 |
| 24 WF 94 | 615.95 | 228.60 | 22.23 | 12.70 | 6878 | 87.0 | 18.9 | 3.4 |
| 24 WF 84 | 612.78 | 228.60 | 19.05 | 12.70 | 6117 | 79.0 | 18.6 | 2.9 |
| 24 WF 100 | 609.60 | 304.80 | 19.05 | 12.70 | 7750 | 79.0 | 18.6 | 4.0 |
| 24 I 120 | 609.60 | 203.20 | 28.58 | 30.23 | 7806 | 130.0 | 18.6 | 3.8 |
| 24 I 106 | 609.60 | 200.03 | 28.58 | 15.88 | 7294 | 102.0 | 18.6 | 3.7 |
| 24 I 80 | 609.60 | 177.80 | 22.23 | 12.70 | 5411 | 93.0 | 18.6 | 2.6 |
| 24 WF 76 | 606.43 | 228.60 | 17.53 | 11.18 | 5453 | 74.0 | 18.6 | 2.6 |
| 24 WF 153 | 600.08 | 298.45 | 31.75 | 15.88 | 11460 | 99.0 | 18.3 | 6.3 |
| 24 I 134 | 600.08 | 215.90 | 31.75 | 20.57 | 8775 | 128.0 | 18.3 | 4.6 |
| 24 I 75 | 558.80 | 177.80 | 20.57 | 12.70 | 4263 | 76.0 | 17.1 | 2.6 |
| 21 WF 139 | 549.28 | 298.45 | 30.23 | 15.88 | 9674 | 90.0 | 16.8 | 7.5 |
| 21 I 112 | 549.28 | 200.03 | 30.23 | 19.05 | 6851 | 108.0 | 16.8 | 4.4 |
| 21 WF 73 | 539.75 | 209.55 | 19.05 | 12.70 | 4678 | 67.0 | 16.5 | 2.9 |
| 21 WF 68 | 536.58 | 209.55 | 17.53 | 11.18 | 4360 | 64.0 | 16.5 | 2.8 |
| 31 WF 62 | 533.34 | 209.55 | 15.88 | 9.53 | 3931 | 59.0 | 16.2 | 2.4 |
| 20 I 85 | 508.00 | 180.98 | 23.88 | 17.53 | 4664 | 89.0 | 15.6 | 3.4 |
| 20 I 65 | 508.00 | 165.10 | 20.57 | 11.18 | 3391 | 60.0 | 15.6 | 2.8 |
| 20 WF 134 | 498.48 | 298.45 | 30.23 | 15.88 | 8595 | 80.0 | 15.3 | 7.2 |
| 18 WF 60 | 463.55 | 190.50 | 17.53 | 11.18 | 3363 | 52.0 | 14.0 | 2.9 |
| 18 I 86 | 463.55 | 177.80 | 25.40 | 17.53 | 4512 | 84.0 | 14.0 | 4.0 |
| 18 WF 55 | 460.38 | 190.50 | 15.88 | 9.53 | 3045 | 49.0 | 14.0 | 2.6 |
| 18 I 80 | 457.20 | 203.20 | 23.88 | 12.70 | 4041 | 60.0 | 14.0 | 4.3 |
| 18 WF 50 | 457.20 | 190.50 | 14.22 | 9.53 | 2768 | 45.0 | 14.0 | 2.4 |
| 18 I 55 | 457.20 | 152.40 | 17.53 | 12.70 | 2754 | 57.0 | 14.0 | 2.3 |
| 18 WF 122 | 450.85 | 298.45 | 26.92 | 14.22 | 8968 | 66.0 | 13.7 | 7.2 |
| 18 I 62 | 450.85 | 174.63 | 19.05 | 9.53 | 3294 | 45.0 | 13.7 | 2.9 |
| 18 I 77 | 450.85 | 168.28 | 23.88 | 15.88 | 3889 | 74.0 | 13.7 | 3.5 |
| 16 WF 112 | 425.45 | 298.45 | 25.40 | 14.22 | 6228 | 62.0 | 12.8 | 7.2 |
| 16 I 70 | 425.45 | 165.10 | 23.88 | 15.88 | 3294 | 66.0 | 12.8 | 3.7 |
| 16 WF 50 | 412.75 | 180.98 | 15.88 | 9.53 | 2505 | 43.0 | 12.5 | 2.8 |

Tab 6-4. Características das vigas de aço estrangeiras

| TAMANHO NOMINAL (polegadas) | d (mm) | b (mm) | tf (mm) | tw (mm) | m (t x cm) | q (t) | Lm (m) | Sc (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 WF 45 | 409.58 | 177.80 | 14.22 | 9.53 | 2256 | 39.0 | 12.5 | 2.4 |
| 16 WF 64 | 406.40 | 215.90 | 17.53 | 11.18 | 3239 | 48.0 | 12.2 | 3.8 |
| 16 WF 40 | 406.40 | 177.80 | 12.70 | 7.87 | 2007 | 34.0 | 12.2 | 2.3 |
| 16 I 50 | 406.40 | 152.40 | 17.53 | 11.18 | 2145 | 48.0 | 12.2 | 2.6 |
| 16 WF 36 | 403.23 | 177.80 | 11.18 | 7.87 | 1758 | 34.0 | 12.2 | 2.0 |
| 16 WF 110 | 400.05 | 298.45 | 25.40 | 14.22 | 4775 | 58.0 | 12.2 | 7.6 |
| 16 I 62 | 400.05 | 155.58 | 22.23 | 14.22 | 2768 | 59.0 | 12.2 | 3.5 |
| 16 I 45 | 400.05 | 142.88 | 15.88 | 11.18 | 2076 | 47.0 | 12.2 | 2.3 |
| 15 WF 103 | 381.00 | 298.45 | 23.88 | 14.22 | 5107 | 55.0 | 11.6 | 7.5 |
| 15 I 56 | 381.00 | 149.23 | 20.57 | 12.70 | 2394 | 50.0 | 11.6 | 3.2 |
| 16 I 43 | 381.00 | 139.70 | 15.88 | 11.88 | 1827 | 42.0 | 11.6 | 2.3 |
| 14 WF 101 | 361.95 | 298.45 | 23.88 | 14.22 | 4761 | 52.0 | 11.0 | 7.9 |
| 14 I 40 | 361.95 | 136.53 | 9.53 | 9.53 | 1647 | 38.0 | 11.0 | 2.4 |
| 14 I 51 | 358.78 | 142.88 | 19.056 | 12.70 | 2076 | 47.0 | 11.0 | 3.0 |
| 14 I 70 | 355.60 | 203.20 | 23.88 | 11.18 | 2823 | 40.0 | 10.7 | 6.5 |
| 14 I 57 | 355,60 | 152,40 | 22,23 | 12,70 | 2.118 | 46,0 | 10,7 | 3,8 |
| 14 I 40 | 355,60 | 139,70 | 15,88 | 9,53 | 1.675 | 35,0 | 10,7 | 2,4 |
| 14 WF 34 | 355,60 | 171,45 | 11,18 | 7,87 | 1.509 | 28,0 | 10,7 | 2,3 |
| 14 WF 30 | 352,43 | 171,45 | 9,53 | 6,35 | 1.301 | 26,0 | 10,7 | 1,8 |
| 14 WF 92 | 339,73 | 298,45 | 22,23 | 12,70 | 4.110 | 44,0 | 10,4 | 7,8 |
| 14 I 46 | 339,73 | 136,53 | 17,53 | 12,70 | 1.744 | 45,0 | 10,4 | 2,8 |
| 13 I 35 | 330,20 | 127,00 | 15,88 | 9,53 | 1.176 | 33,0 | 10,1 | 2,4 |
| 13 I 41 | 320,68 | 130,18 | 17,53 | 14,22 | 1.495 | 47,0 | 9,8 | 2,9 |
| 12 WF 36 | 311,15 | 168,28 | 14,22 | 7,87 | 1.426 | 25,0 | 9,5 | 2,9 |
| 12 I 65 | 304,80 | 203,20 | 23,88 | 11,18 | 2.519 | 33,0 | 9,2 | 6,4 |
| 12 WF 27 | 304,80 | 165,10 | 9,53 | 6,35 | 1.052 | 20,0 | 9,2 | 2,1 |
| 12 I 50 | 304,80 | 139,70 | 17,53 | 17,53 | 1.564 | 54,0 | 9,2 | 3,0 |
| 12 I 32 | 304,80 | 127,00 | 14,22 | 9,53 | 1.121 | 28,0 | 9,2 | 2,3 |
| 12 I 34 | 285,75 | 120,65 | 15,88 | 11,18 | 1.121 | 33,0 | 8,5 | 2,6 |
| 11 WF 76 | 279,40 | 279,40 | 20,57 | 12,70 | 2.796 | 35,0 | 8,5 | 8,2 |
| 10 I 29 | 269,88 | 120,65 | 14,22 | 7,87 | 927 | 22,0 | 8,2 | 2,6 |
| 10 WF 25 | 257,18 | 146,05 | 11,18 | 6,35 | 817 | 17,0 | 7,6 | 2,4 |
| 10 I 40 | 254,00 | 152,40 | 17,53 | 9,53 | 1.273 | 24,0 | 7,6 | 4,3 |
| 10 I 35 | 254,00 | 127,00 | 12,70 | 15,88 | 900 | 40,0 | 7,6 | 2,4 |
| 10 I 25 | 254,00 | 117,48 | 12,70 | 7,87 | 761 | 21,0 | 7,6 | 2,3 |
| 10 WF 21 | 250,83 | 146,05 | 7,87 | 6,35 | 664 | 16,0 | 7,6 | 2,0 |
| 10 WF 59 | 241,30 | 241,30 | 17,53 | 11,18 | 1.827 | 25,0 | 7,0 | 7,0 |
| 9 I 25 | 341,30 | 114,30 | 12,70 | 7,87 | 706 | 20,0 | 7,3 | 2,4 |
| 9 I 50 | 228,60 | 177,80 | 20,57 | 9,53 | 1.426 | 20,0 | 7,0 | 6,4 |
| 8 I 35 | 203,20 | 152,40 | 15,88 | 7,87 | 900 | 15,0 | 6,1 | 4,7 |
| 8 I 28 | 203,20 | 127,00 | 14,22 | 7,87 | 678 | 16,0 | 6,1 | 3,5 |
| 8 WF 31 | 203,20 | 203,20 | 11,18 | 7,87 | 844 | 15,0 | 6,1 | 4,4 |
| 8 WF 44 | 200,03 | 200,03 | 15,88 | 9,53 | 1.121 | 18,0 | 6,1 | 6,4 |
| 7 WF 35 | 180,98 | 180,98 | 14,22 | 9,53 | 803 | 17,0 | 5,5 | 5,6 |
| 6 WF 31 | 158,75 | 158,75 | 14,22 | 9,53 | 623 | 14,0 | 4,9 | 5,6 |

Tab 6-4. Características das vigas de aço estrangeiras (continuação)

$$N1 = (1{,}524/S) + 1 \text{ (S em metros)}$$

| S | N1 | S | N1 | S | N1 | S | N1 | S | N1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.30 | 6.08 | 0.90 | 2.69 | 1.50 | 2.02 | 2.10 | 1.73 | 2.70 | 1.56 |
| 0.32 | 5.76 | 0.92 | 2.66 | 1.52 | 2.00 | 2.12 | 1.72 | 2.72 | 1.56 |
| 0.34 | 5.48 | 0.94 | 2.62 | 1.54 | 1.99 | 2.14 | 1.71 | 2.74 | 1.56 |
| 0.36 | 5.23 | 0.96 | 2.59 | 1.56 | 1.98 | 2.16 | 1.71 | 2.76 | 1.55 |
| 0.38 | 5.01 | 0.98 | 2.56 | 1.58 | 1.96 | 2.18 | 1.70 | 2.78 | 1.55 |
| 0.40 | 4.81 | 1.00 | 2.52 | 1.60 | 1.95 | 2.20 | 1.69 | 2.80 | 1.54 |
| 0.42 | 4.63 | 1.02 | 2.49 | 1.62 | 1.94 | 2.22 | 1.69 | 2.82 | 1.54 |
| 0.44 | 4.46 | 1.04 | 2.47 | 1.64 | 1.93 | 2.24 | 1.68 | 2.84 | 1.54 |
| 0.46 | 4.31 | 1.06 | 2.44 | 1.66 | 1.92 | 2.26 | 1.67 | 2.86 | 1.53 |
| 0.48 | 4.18 | 1.08 | 2.41 | 1.68 | 1.91 | 2.28 | 1.67 | 2.88 | 1.53 |
| 0.50 | 4.05 | 1.10 | 2.39 | 1.70 | 1.90 | 2.30 | 1.66 | 2.90 | 1.53 |
| 0.52 | 3.93 | 1.12 | 2.36 | 1.72 | 1.89 | 2.32 | 1.66 | 2.92 | 1.52 |
| 0.54 | 3.82 | 1.14 | 2.34 | 1.74 | 1.88 | 2.34 | 1.65 | 2.94 | 1.52 |
| 0.56 | 3.72 | 1.16 | 2.31 | 1.76 | 1.87 | 2.36 | 1.65 | 2.96 | 1.51 |
| 0.58 | 3.63 | 1.18 | 2.29 | 1.78 | 1.86 | 2.38 | 1.64 | 2.98 | 1.51 |
| 0.60 | 3.54 | 1.20 | 2.27 | 1.80 | 1.85 | 2.40 | 1.64 | 3.00 | 1.51 |
| 0.62 | 3.46 | 1.22 | 2.25 | 1.82 | 1.84 | 2.42 | 1.63 | | |
| 0.64 | 3.38 | 1.24 | 2.23 | 1.84 | 1.83 | 2.44 | 1.62 | | |
| 0.66 | 3.31 | 1.26 | 2.21 | 1.86 | 1.82 | 2.46 | 1.62 | | |
| 0.68 | 3.24 | 1.28 | 2.19 | 1.88 | 1.81 | 2.48 | 1.62 | | |
| 0.70 | 3.18 | 1.30 | 2.17 | 1.90 | 1.80 | 2.50 | 1.61 | | |
| 0.72 | 3.12 | 1.32 | 2.15 | 1.92 | 1.79 | 2.52 | 1.60 | | |
| 0.74 | 3.06 | 1.34 | 2.14 | 1.94 | 1.79 | 2.54 | 1.60 | | |
| 0.76 | 3.01 | 1.36 | 2.12 | 1.96 | 1.78 | 2.56 | 1.60 | | |
| 0.78 | 2.95 | 1.38 | 2.10 | 1.98 | 1.77 | 2.58 | 1.59 | | |
| 0.80 | 2.91 | 1.40 | 2.09 | 2.00 | 1.76 | 2.60 | 1.59 | | |
| 0.82 | 2.86 | 1.42 | 2.07 | 2.02 | 1.75 | 2.62 | 1.58 | | |
| 0.84 | 2.81 | 1.44 | 2.06 | 2.04 | 1.75 | 2.64 | 1.58 | | |
| 0.86 | 2.77 | 1.46 | 2.04 | 2.06 | 1.74 | 2.66 | 1.57 | | |
| 0.88 | 2.73 | 1.48 | 2.03 | 2.08 | 1.73 | 2.68 | 1.57 | | |

Tab 6-5. Espaçamento máximo entre os contraventamentos laterais

## 6-3. PONTES DE CONCRETO ARMADO

Existe um grande número de critérios para o projeto de estruturas de concreto armado. Devido a este fato, não é possível obter-se, com exatidão, a classe de uma ponte de concreto armado, conhecendo-se apenas as suas medidas externas. Quando houver possibilidade de se conhecer o carregamento do projeto da ponte, constante das normas estruturais civis, estudos de correlação deverão ser feitos para ser obtida a classe (militar) da ponte. Na falta destas informações, os processos expeditos apresentados a seguir poderão ser usados.

### a. Pontes de lajes

(1) Medir o comprimento do vão, de centro a centro do apoio. "L"; a largura da pista entre rodapés "$L_u$"; a largura total da laje "$L_t$"; a espessura da laje

de concreto "D", excluindo a espessura da camada de revestimento (Fig. 6-13).

(2) Entrar na Fig. 6-14 com o comprimento do vão na horizontal, subir na vertical até encontrar a curva correspondente da espessura da laje (D), podendo haver interpolação.

(3) Deste ponto da curva, ler na escala vertical dos momentos o valor $m_m$ (momento das cargas móveis por metro de laje).

(4) Calcular a largura teórica da laje, para resistir às cargas, por uma das fórmulas abaixo, dependendo do tipo de classificação da Pnt, para tráfego em um ou dois sentidos.

Para um sentido: $W_1 = L / (0{,}75 + L/L_1)$

Para dois sentidos: $W_2 = L / (0{,}25 + 2L/L_1)$

(5) Calcular o valor "M" para tráfego em um ou dois sentidos, usando $W_1$ ou $W_2$, pela expressão:

$$M_{1,2} = W_{1,2} \times m_m$$

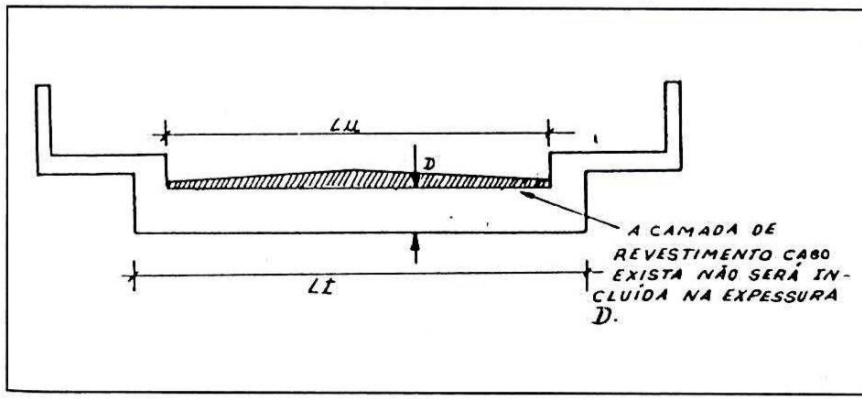



Fig 6-13. Ponte em lage de concreto armado

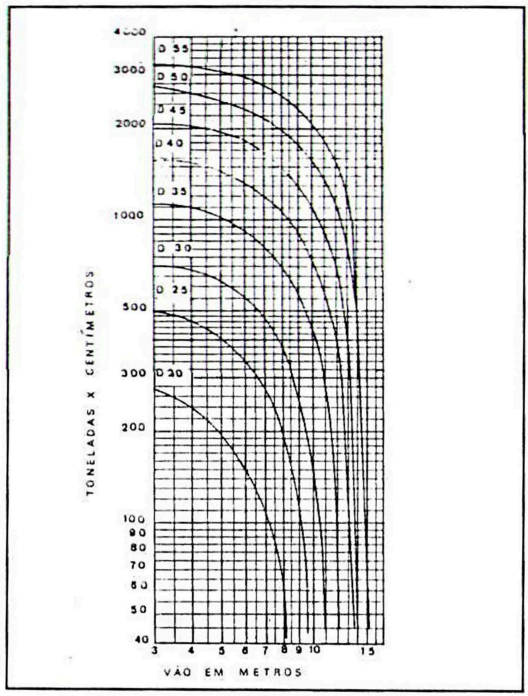



Fig 6-14. Momentos das cargas móveis por metro de lage de concreto armado

(6) Entrar na Fig 6-9 ou Tab 6-11 / 6-12 (Gráfico de momentos) com o valor de $M_1$ ou $M_2$ e o comprimento do vão "L" para obter a classe da Pnt.

(7) Verificar se a largura da Pnt não é restritiva à classe da Pnt na tabela 5-2.

**b. EXEMPLO Nr 5 - Classificação de uma ponte em laje de concreto armado -** Classificar uma Pnt em laje, 2 vias, comprimento do vão = 6 m; D = 35 cm, largura útil da pista $L_u$ = 8,4 m; largura total da laje, $L_t$ = 9,3 m.

(1) Entrar na Fig. 6-14 com o comprimento do vão na escala horizontal, subindo na vertical até a curva de espessura 35 cm, ler na escala vertical o valor do momento $m_m$

(2) Para um sentido: $W_1 = L / (0,75 + L/L_t = 6 / (0,75 + 6/9,3) = 6 / 1,395 = 4,3$ m

(3) Para dois sentidos: $W_2 = L / (0,25 + 2L/L_t) = 6 / (0,25 + 12/9,3) = 6 / 1,54 = 3,9$ m

(4) $M_1 = m_m \times W_1 = 920 \times 4,3 = 3.956$ t x cm

(5) Entrar no gráfico de momentos, Fig 6-9 ou Tab 6-11 / 6-12, com o vão de 6 m e o momento $M_1$, para determinar a classe: 61 R e 41 L.

(6) $M_2 = m_m \times W_2 = 920 \times 3,9 = 3.588$ t x cm: classe 57R e 37L.
(7) Classe da Pnt: 1 sentido = 61R / 41L
2 sentidos = 57R / 37L

**c. Vigas "T" de concreto armado**

(1) Obter as medidas necessárias como mostra a figura 6-15; o vão "L" deverá ser considerado de centro a centro dos apoios.

(2) Tomar todas as dimensões em centímetros, com exceção do comprimento do vão "L", que deverá ser em metros.

(3) Calcular o momento "M", para tráfego em dois sentidos, pela fórmula:

$$M_2 = 13,83\ N\ [158 + 0,4\ D\ (0,428\ T + 1,13\ L + 0,0108\ S + 0,308\ b - 24,1)] + 12,129\ L^2$$

onde:
N = Nr total de vigas/Nr de vias.

(4) Entrar no ábaco da Fig. 6-9 ou Tab 6-11 /6-12, com os valores de "M" e o comprimento do vão "L", para obter a classe da Pnt para tráfego em 2 sentidos. A fim de obter a classe para tráfego de um sentido (Vtr no centro da Pnt), substituir na fórmula anterior o valor de "N" pelo:

$$N_1 = (4,5m\ /\ \text{Largura útil (m)}) \times \text{Nr total de vigas}$$

(5) Após calculadas as classes para um e dois sentidos, verificar a largura da pista pela tabela 5-2

**d. EXEMPLO Nr 6 - Classificar uma ponte em vigas "T" de concreto armado -** Classificar uma ponte em vigas "T" de concreto armado, de duas vias, vão de 9,6 m; 7 vigas:S = 120 cm; d = 75 cm; b = 30 centímetros; T = 15 cm; largura da pista (entre rodapés) = 7,2 m.

(1) Cálculo da classe para tráfego em 2 sentidos:

- N = Nr de vigas / Nr de vias = 7 / 2 = 3,5
- $M_2 = 13,83 \times 3,5\ [158 + 0,4 \times 75\ (0,428 \times 15 + 1,13 \times 9,6 + 0,0108 \times 120 + 0,308 \times 30 - 24,1)] + 12,29 \times 9,6 \times 9,6$
- $M_2 = 48,405\ [158 + 30\ (6,42 + 10,848 + 1,296 + 9,24 - 24,1)] = 1.132,64 = 48,405\ [158 + 30\ (3.704)] + 1.132,64 = 48,405\ (158 + 111,12) + 1.132,64$
- $M_2 = 48,405 \times 269,12 + 1.132,64 = 13.026,7 + 1.132,64 = 14.159,3$ t x cm

Com este valor da M2 e o vão "L" de 9,6 m, entrar no ábaco da Fig. 6-9 ou Tab 6-11 / 6-12 para obter a classe: 130 R e 90 L.

- Reduzir a classe para 60 R e L, tendo em vista a largura útil da pista de 7,2 m (tabela 5-2).

(2) Cálculo da classe para tráfego em 1 sentido (Vtr no centro da ponte):

- N1 = (4,5 / 7,2) x 7 = 4,375
- $M_1$ = 13,83 x 4,375 (158 + 111,12) + 1.132,64 = 60,506 x 269,12 + 1.132,64 = 16.283,3 + 1.132,64 = 17.415,9 t x cm
- Com este valor de $M_1$ e o vão de 9,6 m, entrar no ábaco da figura 6-9 ou Tab 6-11 / 6-12 para obter a classe: 150 R e 120 L.

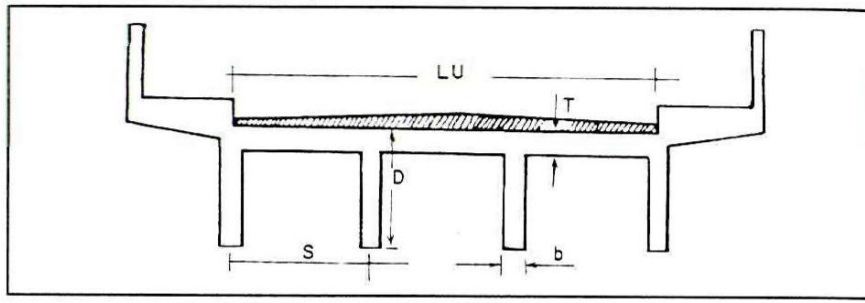



Fig 6-15. Pontes de vigas T de concreto armado

## 6-4 PONTES EM ARCO DE ALVENARIA OU CONCRETO SIMPLES

Para obter a classe de uma ponte em arco de alvenaria ou concreto simples, inicialmente deve ser obtida uma classe provisória baseada na espessura e no comprimento do vão; numa segunda fase, esta classe provisória é corrigida com a utilização de fatores de correção devidos ao tipo de material e à condição da ponte.

**a. Classe provisória da ponte** - Entrar no ábaco da Fig 6-17 com os valores do comprimento do vão do arco (L) na escala "A" e com a espessura total do arco (t+D) na escala "B". Unir os dois pontos por uma linha reta e prolongá-la até a escala "C", onde será obtida a classe provisória.

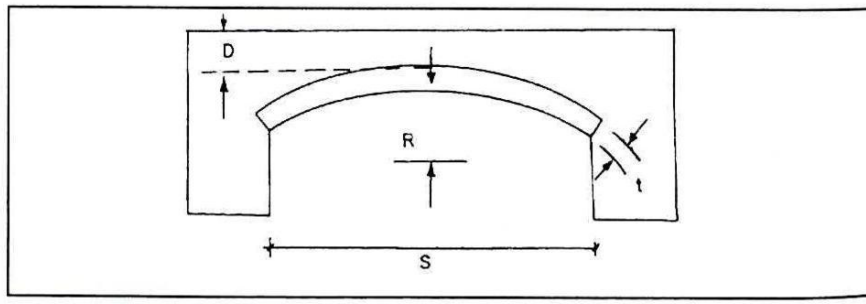



Fig 6-16. Ponte em arco de alvenaria

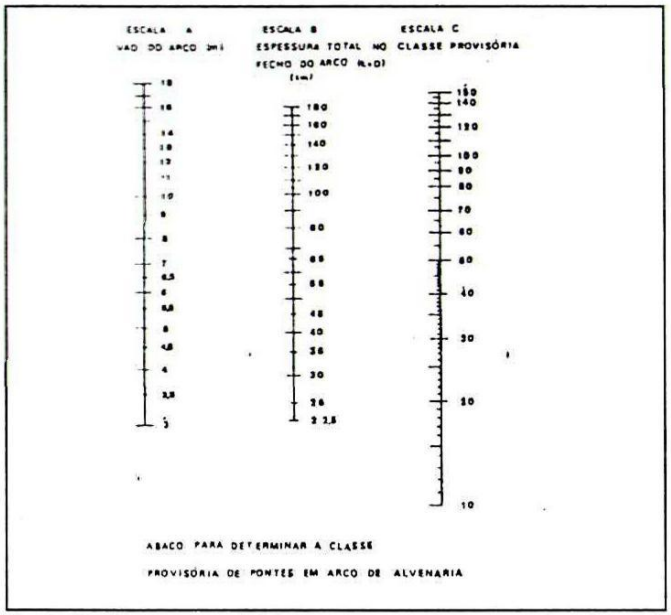



Fig 6-17. Classe provisória para pontes em arco de alvenaria

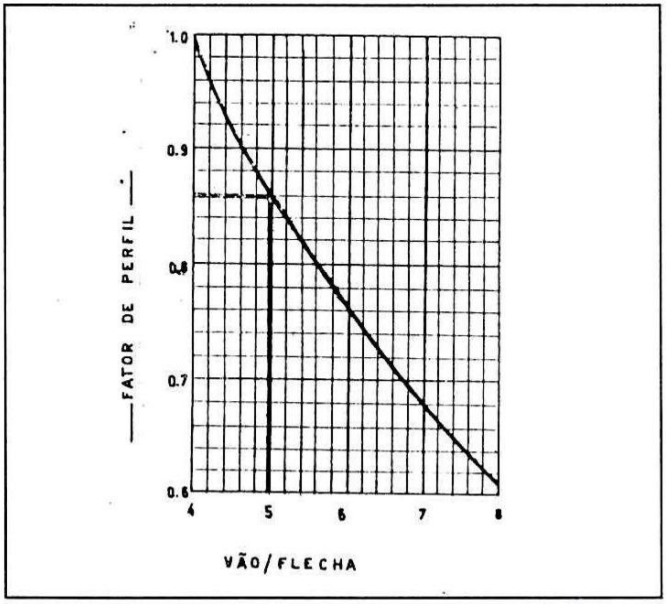



Fig 6-18. Fator de perfil para pontes em arco

**b. Fator de correção devido ao perfil** - Dividir o comprimento do vão (L) pela flecha (R); entrar com este valor na escala horizontal do gráfico da Fig 6-18; subir na vertical até a curva e daí traçar uma linha horizontal até encontrar a escala vertical onde deverá ser lido o fator do perfil. Se o valor de L/R for 4 ou menos, o fator do perfil será igual a 1.

**c. Outros fatores de correção** (tabela 6-6) - Determinar os fatores de correção do tipo de material, de junta, deformação, rachaduras, tamanho de encontros, defeitos nos encontros, na tabela 6-6. Usar somente os fatores adequados para cada caso.

**d. Classe final da ponte** - Cada um dos fatores de correção deverá ser multiplicado pela classe provisória para ser obtida a classe final.

**e. EXEMPLO Nr 7 - Classificação de uma ponte em arco de alvenaria** - Classificar uma ponte em arco de alvenaria com o vão de 12 metros (L); flecha 2,4 m (R); espessura do arco de 45 cm (t); altura de aterro no fecho do arco de 30 cm (D); largura da pista = 4,5 m; tipo de material: rocha calcárea em boas condições; juntas: argamassa com alguma deterioração e pequenos vazios; juntas estreitas; rachaduras: grande rachadura longitudinal no arco sob uma das paredes do parapeito; encontros: um dos encontros está próximo de um aterro estreito.

(1) Classe provisória

(a) A largura da pista limita a ponte para utilização em uma via.

(b) Espessura total no fecho do arco (t + D) = 45 + 30 = 75 cm.

(c) Pelo ábaco da Fig 6-17, obtém-se a classe provisória 34, entrando-se com o vão de 12 metros e a espessura total de 75 centímetros.

(2) Determinação do fator de perfil

(a) vão / flecha = 12 / 2,4 = 5

(b) Entrando com o valor 5 na escala horizontal, obtém-se na escala vertical 0,86, para o fator de perfil.

(3) Outros fatores de correção (tabela 6-6)

(a) Para o tipo de material: alvenaria de pedras calcáreas em bom estado, o fator é 1,0.

(b) Para juntas: fator entre 0,7 e 0,8, adotar 0,75.

(c) Para rachaduras: uma rachadura no eixo do arco tem o fator de 0,9.

(d) Para tamanho de encontro: um encontro com deficiência, fator de 0,95.

(4) Determinação da classe definitiva

- Classe final = 34 X 0,86 X 1,0 X 0,75 X 0,9 X 0,95 = Classe 19

| | |
|---|---|
| **TIPO DE MATERIAL:** | |
| 1. Granito, basalto ou rocha dura em blocos grandes e aparelhados | 1.5 |
| 2. Concreto simples | 12 |
| 3. Alvenaria em bom estado de pedras calcáreas ou de tijolo | 1.0 |
| 4. Alvenaria em mau estado, de qualquer tipo (muitos blocos ou aduelas estão se soltando ou apresentando sinais de cisalhamento) | 0.7 a 0.5 |
| **JUNTAS:** | |
| 1. Juntas apertadas, com espessura de 3 mm ou menos | 1.25 |
| 2. Juntas normais, com espessuras até 6 mm | 1.00 |
| 3. Idem, mas com argamassa | 0.90 |
| 4. Juntas largas, com espessura maior que 6 mm, geralmente irregulares; argamassa em bom estado | 0.80 |
| 5. Idem, mas com argamassa que contém vazios mais profundos que 1/10 da espessura do arco | 0.70 |
| 6. Juntas muito largas, de espessura de 12 mm ou maior, com argamassa deficiente (muitos vazios) | 0.50 |
| **FATOR DE DEFORMAÇÃO:** | |
| 1. Deformação limitada de modo que a flecha no local deformado seja sempre positiva. | O fator de perfil a ser usado será para todo arco aquele obtido com a relação flecha/vão do local deformado. Classe máxima 12 Classe máxima 5, no caso de o aterro no fecho do arco exceder a 45 cm de espessura. |
| 2. Deformação tal que existe uma seção retilínea no arco (curvatura deformada). | |
| 3. Deformação grande, de tal maneira que uma porção do arco está fletida. | |
| **FATOR DE RACHADURAS:** | |
| 1. Rachaduras pequenas longitudinais distanciadas de 60 cm do eixo do arco desde que mais largas que 6 mm e mais compridas que 1/10 do vão da Pnt | 1 |
| 2. Rachaduras longitudinais dentro do terço médio da Pnt: | |
| (a) Uma pequena rachadura menor que 3 mm x 1/10 do vão | 1 |
| (b) Três ou mais pequenas rachaduras como em (a) | 0.5 |
| (c) Uma rachadura grande, mais larga que 6 mm e mais comprida que 1/10 do vão | 0.5 |
| 3. Rachaduras laterais e diagonais pequenas (como em 2a) | classe máxima 12 |
| 4. Rachaduras grandes, laterais e diagonais (como em 2c) | 0.9 |
| 5. Rachaduras entre o arco e o parapeito, maiores que 1/10 do vão devidas à expansão do material de aterro | Reclassificar no ábaco (6-18), entrando com espessura do arco apenas (t) |
| 6. Rachaduras entre o arco e a parede do parapeito devida à deformação do arco | |
| **FATOR DO TAMANHO DOS ENCONTROS:** | |
| 1. Ambos os encontros são satisfatórios | 1.0 |
| 2. Um dos encontros é deficiente | 0.95 |
| 3. Ambos os encontros são deficientes | 0.90 |
| 4. Ambos os encontros são maciços mas com um aterro suspeito de argila | 0.70 |
| 5. O arco se apóia em um encontro e em um pilar | 0.90 |
| 6. O arco se apóia em dois pilares | 0.80 |
| **FATOR DE DEFEITO NOS ENCONTROS:** | |
| 1. Movimento para dentro de um encontro percebido pela torção do arco | 0.5 a 0.75 |
| 2. Expansão para fora dos encontros | 0.5 a 1.0 |
| 3. Recalque vertical de um encontro | 0.5 a 0.9 |

Tab 6-6. Fatores de correção para pontes em arco

## ARTIGO II

## DIMENSIONAMENTO DE PONTES RODOVIÁRIAS

### 6-5. DIMENSIONAMENTO DA SUPERESTRUTURA

O dimensionamento de pontes aqui apresentado é um processo expedito, para cálculo rápido.

**a. Vigas de madeira**

(1) Determinar o número necessário de vigas (Nv)

$$N\,v = (L_u / 1{,}829) + 1 \text{ (mínimo de 4)}$$

Lu = Largura útil da ponte em metros.

Aproximar "N" para menos se a fração decimal for 0.09 ou menor; aproximar para mais nos outros casos. Não aproximar os valores quando aparecer um asterisco na fórmula.

(2) Determinar o espaçamento "S", centro a centro das vigas

$$*S = L_u / (Nv-1)$$

(3) Determinar o número de vigas $N_1$ (Nr de vigas teóricas para tráfego em um sentido)

$$*N_1 = 1{,}524 / (S + 1) \text{ ("S" em metros)} \qquad *N2 = (3/8) \times Nv$$

(4) Determinar Mm, na figura 6-9, e $m_m$ na figura 6-6 ou

$$m_m = M_m / N_{1,2} \text{ (o menor)}$$

(5) Determinar G na figura 6-5, calcular g = G/N e obter $m_g$ da figura 6-6

$$m_g = g \times (L^2/8) \times 100$$

(6) Calcular $m = m_g + m_m$. Escolher uma viga na tabela 6-2 que tenha um valor de "m" igual ou maior que "m" calculado.

(7) Determinar Qm na Fig 6-11 ou Tab 6 -13/ 6 -14 $Qm = N_{1,2} + 1/N_{1,2}$

(8) Obter $q_m$ da figura 6-10: $q_m = (3\,Qm/16) \times (N_{1,2} + 1) / N_{1,2})$

(9) Determinar G da figura 6-5, dividir por N e obter g; com g encontrar $q_g$ na figura 6-6

$$q_g = (gL / 2) \qquad g = G / Nv$$

(10) Calcular $q = q_m + q_g$. Verificar se "q" da viga escolhida no item (6) é igual ou maior do que o valor de "q" calculado. Se não ocorrer, aumentar o tamanho da viga até que isto aconteça e também "m" seja verificado.

(11) Determinar $L_m$ da viga selecionada. A flecha vertical (deflexão

vertical) não será problema se o vão for menor do que o valor de $L_m$, da tabela 6-2. Se a flecha vertical for ponto crítico, aumentar o tamanho da viga, até ser conseguido, não esquecendo de "m" e "q".

(12) Para contraventamento lateral, ver tabela 6-2.

(13) Determinar a espessura mínima do piso pela Fig 6-12.

(14) O piso de uso será normalmente 5 x 25 cm.

(15) O corrimão será como Fig 6-12a.

**b. EXEMPLO Nr 1 - Projeto de ponte com vigas de madeira** - Projetar uma ponte com vigas de madeira para uma classe 30; 6,0 m de vão, duas vias de tráfego, Lu = 7,30 m. ($L_u$ = largura útil entre rodapés).

(1) $N = (L_u/1,829) + 1 = (7,30/1,829) + 1 = 5$

(2) $S = L_u / N - 1 = 7,30 / 4 = 1,825$

(3) $N_1 = 1,524 / S + 1 = 1,524/1,825 + 1 = 1,835$ m

(4) $M_m = 2.943$ t x cm

$m_m = 1.603,8$ t x cm

(5) G = 1,65 t/m; g = 1,65/5 = 0,33 t/m

$m_g = 148,5$ t x cm

(6) $m = m_g + m_m = 148,5 + 1.603,8 = 1.752,3$ t x cm

Seção 30 x 45 ou Ø E = 50 cm (há mais outras seções além destas)

(7) $Q_m = 19,6$ t

(8) $q_m = 5,68$ t

(9) G = 1,65

g= 0,33

$q_g = 1,00$ t

(10) $q = q_m + q_g = 5,68 + 1,0 = 6,68$ t (menor do que 9,8 t)

(11) Lm = 6,55 m (maior que 6,0)

(12) Não são necessárias contraventamentos laterais nas vigas (não há asterisco na seção, Tab 6-2).

(13) Espessura do piso 16,0 cm, usar tábuas de 5 cm como piso de uso, além dos 16,0 cm.

**c. EXEMPLO Nr 2 - Projeto de ponte com viga de madeira** - Projetar uma ponte de madeira para um vão de 4,5 m, classe 55 R, 1 via, vigas disponíveis 20 X 45 cm e 25 X 45 cm.

(1) Classe 55 - 1 via $L_u = 4,0$ m

(2) $N = (L_u / 1,829) + 1 = (4 / 1,829) + 1 = 3,186... \cong 4$

(3) $S = 4 / 3 = 1,33$ m

(4) $N_1 = (1,524 / 1,33) + 1 = 2,146$

(5) $M_m = 2250$ t x cm

(6) $m_m = Mm/N1 = 2250 / 2,146 = 1.048,46$ t x cm

(7) G = 1,45 x 4/7,3 = 0,79 t/m

(8) g = 0,79/4 = 0,1975 t/m; $m_g = qL^2/8 = 0,49992 \cong 0,5$ t x m = 50 t x cm

(9) $m = m_g + m_m = 50 + 1.048,46$ t x cm = 1.098,46 t x cm ; escolha da viga = 20 X 45

| |
|---|
| m = 1.194,91 t X cm |
| q = 6,53 t |
| $L_m$ = 6,55 m |

(10) $Q_m = 24 \text{ t} = 16/3\ q_m \times 2,146/3,146$

(11) $q_m = 24 \times 3 \times 3,146 / 16 \times 2,146 = 6,6$ t

(12) G = 0,79; g = 0,1975 t/m; $G_g = gL/2 = 0,197 \times 4,5 / 2 = 0,44$ t

(13) $q = q_m + q_g = 6,6 + 0,44 = 7,04 \text{ t} > 6,53$ t

(14) Viga de 25 x 45 cm:

| | |
|---|---|
| m = 1.493,64 t x cm | m = 1.098,46 < 1.493,64 (satisfaz) |
| q = 8,16 t | q = 7,04 < 8,16 (satisfaz) |
| Lm = 6,55 m | |

(15) $L_m = 6,55 \text{ m} > 4,5$ (satisfaz a condição)

(16) Contraventamento lateral não é necessário

(17) Espessura do piso: S = 1,33m - Classe 55 = 18,5 cm espessura mínima

**d. Vigas de aço**

(1) Idem 6-5 a (1) $N_v$

(2) Idem 6-5 a (2) S

(3) Idem 6-5a (3) $N_{1,2}$

(4) Obter $M_m$ na Fig 6-9 ou Tab 6-11 / 6-12. e $m_m = 1,15\ M_m / N_1, N_2$

(5) Idem 6-5 a (5) e (6), com exceção do uso da tabela 6-3 (para vigas não incluídas $m = df \times W$ )

(6) Determinar Qm da figura 6-11

(7) Calcular: $q_m = 1,15 \times Q_m / 2$

(8) Idem 6-5 a (9)

(9) Idem 6-5 a (10), com exceção da tabela 6-3

(10) Idem 6-5 a (11), com exceção da tabela 6-3

(11) Calcular o número de contraventamentos laterais, Nc, entre vigas vizinhas pela fórmula:

$$N_c = (L/S_c) + 1$$

(12) Verificar o espaçamento entre os contraventamentos ao longo da viga (Sc) na tabela 6-3.

(13) Calcular a placa de apoio das vigas

- Lp, comprimento mínimo da placa = 15 cm;
- Comprimento máximo = largura do dormente;
- $B_p$, largura da placa = $30.q / L_p$

- Largura mínima = largura "b" da flange da viga; "$e_p$", espessura da placa:

$$e_p = (B_p - 4,7) / 8, \text{ em cm}$$

(14) Idem 6-5a (13)

**e. EXEMPLO Nr 3 - Projeto de ponte com vigas de aço** - Projetar uma ponte com vigas nacionais, de aço, para classe 50, 9,0 m de vão, duas vias, $L_u$ = 7,30 m, piso de madeira.

(1) $Nv = (L_u / 1,829) + 1 = (7,30/1,829) + 1 = 5$
(2) $S = L_u / (Nv - 1) = 7,30 / 4 = 1,825$ m
(3) $N1 = (1,524 / S) + 1 = 1,835$; $N2 = 3/8\ N = 3/8 \times 5 = 1,875$
(4) $M_m = 7800$ t x cm
(5) $m_m = 1,15 \times M_m / N1 = 1,15 \times 7800 / 1,835 = 4888$ t x cm $\cong 4900$
(6) G = 1,71 t/m
(7) $g = 1,71 / 5 = 0,342$ t/m
(8) $m_g = 350$ t x cm
(9) $m = m_g + m_m = 350 + 4900 = 5250$ t x cm

Na tabela 6-3 verifica-se que não existem vigas nacionais com este valor, pois o maior "m' é 5.182 t x cm; aumenta-se, então, o número de vigas "Nv" para 6 e refaz-se os cálculos.

(10) Nv = 6
(11) S = 7,30 / 5 = 1,46m
(12) N1 = (1,524/1,46) + 1 = 2,04
(13) $M_m = 7800$ t x cm
(14) $m_m = 1,15 \times 7800 / 2,04 = 4400$ t x cm
(15) G = 1,71 t/m
(16) $g = 1,71/6 = 0,285$ t/m
(17) $m_g = 290$ t x cm
(18) $m = 290 + 4400 = 4690$ t x cm; Viga I, 20"x 7" (com "b"= 179,1 mm)
(19) $Q_m = 35$t
(20) $q_m = 1,15 \times 35 / 2 = 20,13$ t
(21) Para g = 0,285; $q_g = 1,30$t
(22) q = 1,30 + 20,13 = 21,43 t
q da viga = 88,84 t (maior do que 21,43 t)
(23) Lm = 15,20 m (maior do que 9,0 m)
(24) Nc = (9,0 / Sc) + 1 = (9,0/3,30) + 1 = 3,72 $\cong$ 4
Usar 4 contraventamentos igualmente espaçados
(25) $L_p = 15$ cm (mínimo)
$B_p = 30\ q / L_p = 30 \times 21,43 / 15 = 43,0$ cm (maior do que "b" da viga 17,91 cm)
$e_p = (B_p - 4,7) / 8 = (43,0 - 4,7) / 8 = 4,8$ cm
(26) Espessura mínima para o piso: 19,5 cm.
Usar tábuas de 5 cm no piso de uso

**f. EXEMPLO Nr 4 - Projeto de ponte com viga de aço** - Projetar uma ponte para um vão de 10 m, de classe 58 R, uma via.

(1) Classe 58, 1 via $L_j$ = 4,0 m (Tabela 5-2)
(2) Nv = (4 / 1,829) + 1 = 3,186 ≅ 4
(3) S = 4 / 3 = 1,33 m
(4) N1 = (1,524/1,33) + 1 = 2,146
(5) $M_m$ = 7200 t x cm
(6) $m_m$ = 1,15 x $M_m$ / N1 = 1,15 x $M_m$ / 2,146 = 3.858,34 t x cm
(7) G = 1,78 x 4 / 7,3 = 0,975 t/m
(8) g = 0,975/4 = 0,244 t/m; $m_g = gL^2/8$ = 0,244 x 100 / 8 = 3,1 t x m = 310 t x cm
(9) m = $m_m$ + $m_g$ = 3858,34 + 310 = 4168,34 t x cm
escolha da viga = I, 20"x 7" x 177,8 mm:

| m = 4617 t x cm; q = 81,35 t; $L_m$ = 15,2 m; Sc = 3,3 m |
|---|

(10) $Q_m$ = 36,0 t
(12) $q_m$ = 1,15 $Q_m$ / 2 = 20,7 t
(13) $q_g$ = gL/2 = 0,244 x 10 / 2 = 1,22 t
(14) q = 20,7 + 1,22 = 21,92 t < 81,35
(15) $L_m$ = 15,2 > 10
(16) Nc = (1/Sc) + 1 = (10/3,3) + 1 = 4
(17) Placa de apoio para as vigas
- $L_p$ = 15 cm (mínimo)
- $B_p$ = 30 x q / $L_p$ = 30 x 21,92 / 15 = 43,84 cm
- espessura = $B_p$ - 4,7 / 8 = 43,84 - 4,7 / 8 = 4,89 cm

(18) Espessura do piso
- Classe = 58 e S = 1,33; espessura 18,5 cm

## 6-6. DIMENSIONAMENTO DA INFRA-ESTRUTURA (cavaletes - estacas)

O projeto aqui apresentado é expedito, para cálculo rápido.

**a. Cavalete simples de madeira**

(1) Usar contraventamentos horizontais, no centro, quando a altura das pernas for maior do que preconiza a tabela adiante, para evitar a flambagem das pernas.

| PERNAS DE SEÇÃO ESQUADRIADA | | | |
|---|---|---|---|
| Dimensões das pernas ou estacas | | Capacidade por perna | Máxima altura das pernas |
| (polegadas) | (cm) | (t métricas) | (m) |
| 6 x 6 | 15 x 15 | 8.1 | 4.5 |
| 6 x 8 | 15 x 20 | 10.8 | 4.5 |
| 8 x 8 | 20 x 20 | 14.5 | 6.1 |
| 8 x 10 | 20 x 25 | 18.1 | 6.1 |
| 10 x 10 | 25 x 25 | 22.7 | 7.6 |
| 10 x 12 | 25 x 30 | 27.2 | 7.6 |
| 12 x 12 | 30 x 30 | 32.6 | 9.1 |
| PERNAS DE SEÇÃO CIRCULAR | | | |
| 80 | 20.0 | 11.3 | 5.5 |
| 90 | 22.5 | 14.5 | 6.1 |
| 100 | 25.0 | 18.1 | 6.7 |
| 110 | 27.5 | 21.3 | 7.6 |
| 120 | 30.0 | 25.4 | 8.2 |
| 130 | 32.5 | 29.5 | 8.8 |
| 140 | 35.0 | 34.5 | 9.4 |

Tab 6-7. Dimensões, capacidade e altura máxima das pernas de cavalete

(2) Para um cavalete sob vãos contíguos, somar L1 a L2 para obter o vão efetivo ou teórico L (Fig. 6-19) e, usando L, determinar o esforço cortante das cargas móveis ($Q_m$) na Fig. 6-11. Determinar o esforço cortante das cargas permanentes $q_g$ considerando-o como a soma dos esforços cortantes das cargas permanentes dos vãos L1 e L2, nas figuras 6-5 e 6-6;

$$q_g = G1L1/2 + G2L2/2$$

(3) Calcular PT, peso total do cavalete em t.

$$PT = Q_m (N) + q_g$$ onde: N = número de vias

(4) Determinar a capacidade por perna na tabela 6-7.

(5) Caso a perna tenha dimensões não enquadradas pela tabela, calcular a capacidade pela fórmula:

$C = Ap / 27,6$ onde: Ap = área da seção tranversal da perna em $cm^2$

(6) Determinar o número de pernas necessárias.

Np = PT / capacidade de 1 perna (mínimo de 4)

(7) Determinar o comprimento da sapata

$L_{sap} = K + b_{sol}$ onde: - $L_{sap}$ poderá ser arrendondado para menos;
- $b_{sol}$ é a largura da soleira;
- K é obtido na figura 6-20.

(8) Determinar a capacidade por sapata

Capacidade por sapata = (área de uma sapata) X (resistência à compressão do solo)

- Área da sapata = área em contato com solo = largura x comprimento ($cm^2$) - $A_{sap} = L_{sap} \times b_{sap}$

- Resistência à compressão do solo: ver tabela 6-8

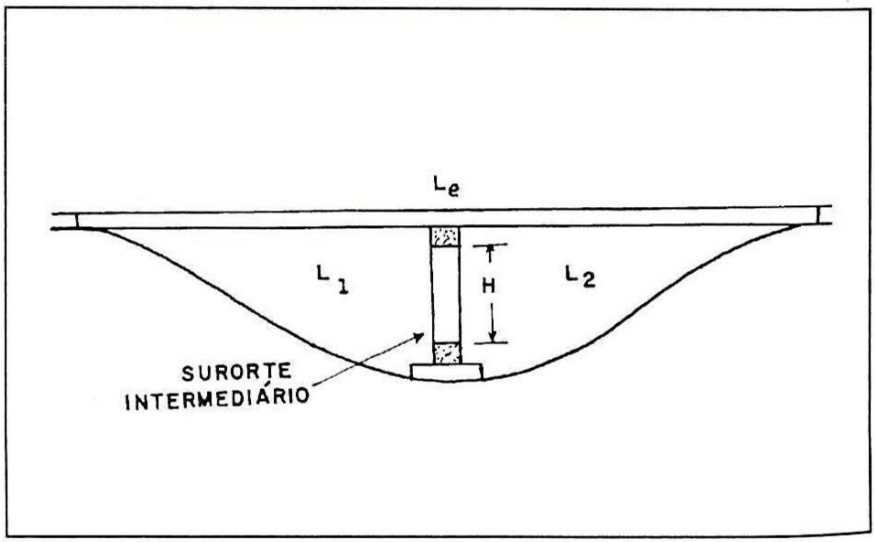



Fig 6-19. Vãos contíguos

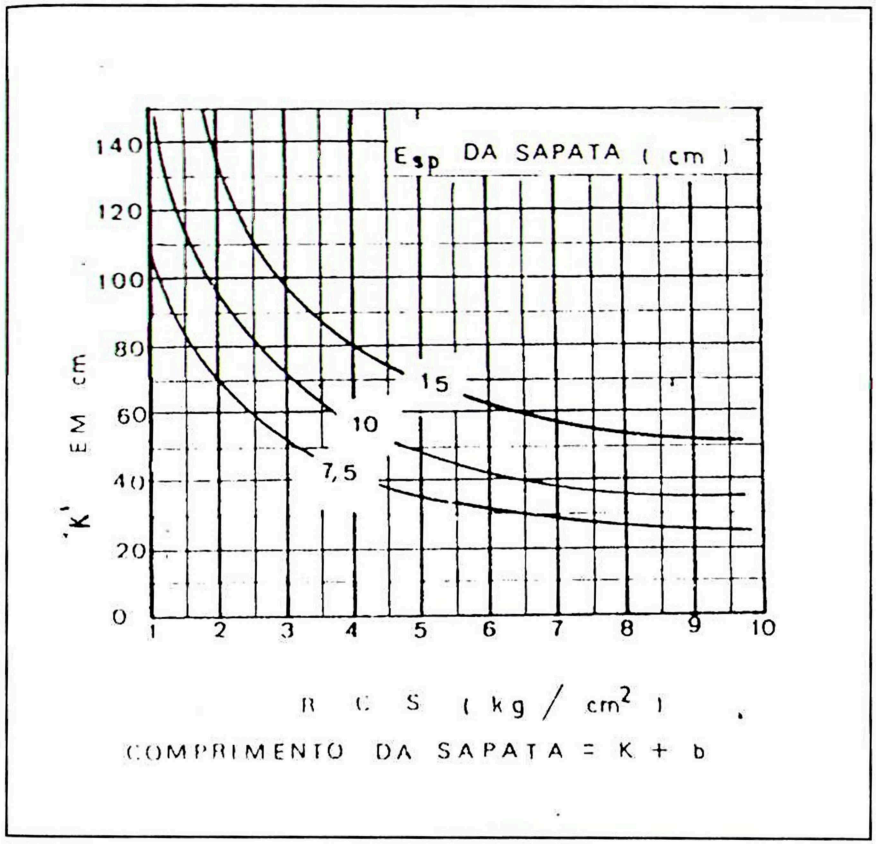



Fig 6-20. Comprimento das sapatas

(9) Determinar o número de sapatas, N sap

$$N_{sap} = PT / \text{capacidade 1 sapata}$$

O $N_{sap}$ deverá ser igual ou maior que $N_p$ - item (6)

(10) Calcular o espaçamento centro a centro das sapatas = $Lu / (N_{sap} - 1)$

**b. Exemplo Nr 1 - Projeto de um cavalete simples de madeira -** Projetar um cavalete simples de madeira para uma ponte de classe 50, $L_u$ = 7,30 m, L1 = 6,1 m, L2 = 9,1 m, pernas de 6" x 8", chapeú e soleira de 6" x 10", H = 1,80 m, argila muito rija, 6" de piso de pranchões, 7 vigas de aço, N = 2 vias, sapatas de 3" x 12".

| TIPO DO SOLO | SÍMBOLO SUCS+ | RCS kg/cm2 |
|---|---|---|
| Areia solta seca | SW A SP | 1.5 |
| Areia solta úmida | SW A SP | 1.5 |
| Areia solta saturada | SW A SP | 1.5 |
| Areia densa seca | SW A SP | 2.4 |
| Areia densa úmida | SW A SP | 2.4 |
| Areia densa saturada | SW A SP | 2.4 |
| Areia compacta seca | SW A SP | 4.9 |
| Areia compacta úmida | SW A SP | 4.9 |
| Areia compacta saturada | SW A SP | 4.9 |
| Pedregulho solto seco | GM a GP | 2.0 |
| Pedregulho solto úmido | GM a GP | 2.0 |
| Pedregulho solto saturado | GM a GP | 2.0 |
| Pedregulho denso seco | GM a GP | 5.8 |
| Pedregulho denso úmido | GM a GP | 5.8 |
| Pedregulho denso saturado | GM a GP | 5.8 |
| Areia argilosa | SC | 2.4 |
| Argila arenosa | CL c/ areia | 2.4 |
| Argila rija | CH | 2.4 |
| Argila muito rija | CH | 2.9 |
| Solo orgânico | OH | 0.5 |
| Rocha branda fraturada | - | 9.7 |
| Rocha dura, sã | - | 19.5 |

**OBSERVAÇÃO**
+ SUCS = Sistema Unificado de Classificação de Solos

Tab 6-8. Resistência à compressão dos solos (RCS)

(1) Hmax = 4,5 m > 1,80 m, não há necessidade de contraventamento horizontal (tabela 6-7).

(2) Vão efetivo - $L_e = L_1 + L_2 = 6,1 + 9,1 = 15,2$ m

(3) Qm = 39 t métricas ( figura 6-11)

(4) $q_g = G1L1/2 + G2L2/2$; $L_1 = 6,1$m; $G_1 = 1,55$ t/m

(5) L2 = 9,1m; G2 = 1,72 t/m; $q_g = 4,75 + 7,85 = 12,60$ t (figuras Nr 6-5 e 6-6)

(6) $PT = Q_m (N) + q_g = 39 (2) + 12,6 = 90,6$ t

(7) Capacidade de 1 perna = 10,8 t ..... Tabela 6-7

(8) Número de pernas Np = PT/10,8 = 90,6/10,8 = 8,4 ≅ 9

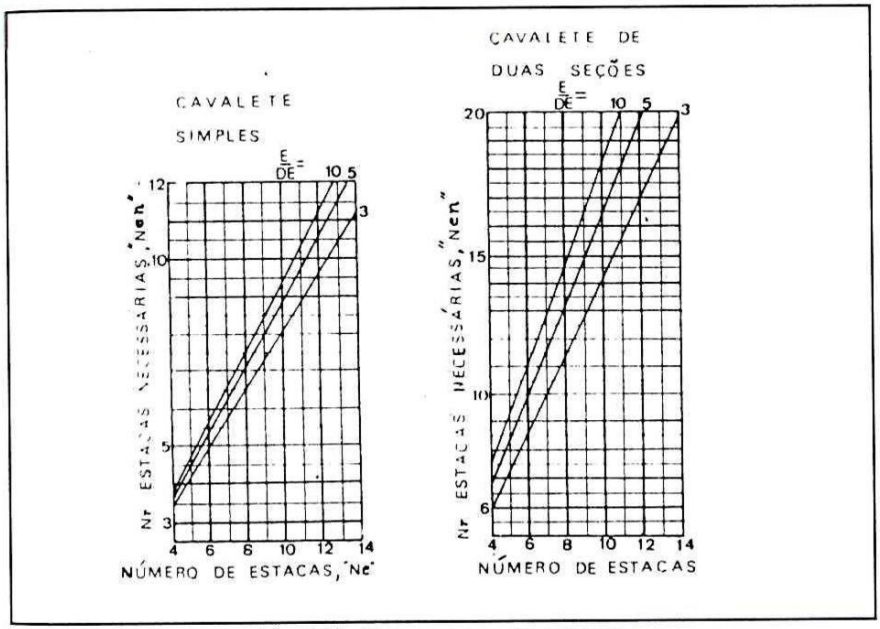



Fig 6-21. Nomograma de estacas

(9) Comprimento das sapatas, considerando sua espessura de 7,5 cm (3")

(10) $L_{sap} = K + b_{sol}$ ; $L_{sap} = 55 + 15 = 70$ cm ( figura 6-20 e tabela 6-8).

(11) Capacidade por sapata = área da sapata x resistência à compressão do solo; área da sapata = 70 cm x 30 cm = 2.100 cm². Resistência à compressão do solo = 2,9 kg/cm² - tabela 6-8. Capacidade por sapata = 2.100 x 2,9 = 6.100 = 6,1 t.

(12) Número de sapatas = PT / $Cap_{sap}$ = 90,6 / 6,1 = 14,8 ≅ 15

(13) Espaçamento das Sapatas = $Lu/(N_{sap} - 1) = 730 / (15-1) = 730/14 = 52,2$ cm

**c. Cavalete de madeira de duas seções** - Este tipo de cavalete é projetado da mesma maneira que o cavalete simples, considerando-se que cada seção recebe a metade da carga total. Um cavalete de duas seções será usado nas seguintes condições:

(1) As cargas são excessivas para serem suportadas por um cavalete simples.

(2) Os comprimentos dos vãos são maiores que 7,6 m dificultando o contraventamento longitudinal.

(3) O espaçamento entre os centros de duas seções deve ser no mínimo de 1,20 m.

**d. Cavalete de estacas**

(1) Usar contraventamentos transversais em todos os casos. Para cavaletes de mais de uma seção, contraventamentos longitudinais deverão ser usados. A altura "He" da estaca, desde a borda superior até o fundo do rio, não deverá exceder "Hmax", dado na tabela 6-7. Caso ocorra, rebaixar os encontros ou usar contraventamentos transversais e horizontais.

**OBSERVAÇÃO**: ver letra "i" deste parágrafo.

(2) e (3) idênticos a (2) e (3) do item anterior.

(4) Determinar a carga admissível (P) para o atrito lateral da estaca por uma das seguintes fórmulas:

| TIPO DE ESTACA \ TIPO DE BATE-ESTACA | Bate-estaca mecânico de queda de peso | Bate-estaca pneumático ou a vapor, de ação simples | Bate-estaca pneumático ou a vapor, de dupla ação |
|---|---|---|---|
| Madeira | P = 16,5 pH / (h + 2,5) | P = 16,5 p1 H1 / (h + 0,25) | P = 16,5 x P2 / (h + 0,25) |
| Aço | P = 25 pH / (h + 2,5) | P = 25 p1 H1 / (h + 0,25) | P = 25 x P2 / (h + 0,25) |

**OBSERVAÇÃO**
P = Capacidade de carga estimada em kg por estaca;
H = Altura média, em metros, de queda do maço, das últimas seis batidas p/ bate-estaca de queda, ou últimos 20 golpes, nos demais tipos;
h = Penetração média da estaca, em centímetros, por batida, para as últimas seis batidas;
p = Peso do maço em kg;
P1 = Peso do maço pneumático ou a vapor;
$H_1$ = Altura de queda do maço pneumático ou a vapor;
$P_2^1$ = Energia de cravação em kg x m por golpe de bate-estacas pneumático ou a vapor de dupla ação.
- O bate-estacas de queda de peso é o mais encontrado (quick-way - bucirus).
- O bate-estacas pneumático, ou a vapor, de ação simples, é o que usa ar comprimido ou vapor para levantar o maço.
- O bate-estacas de dupla ação utiliza ar comprimido para levantar e também para baixar o maço.

Tab 6-8a. Tipos de bate estacas

(5) Determinar o número de estacas ($N_{en}$) necessárias:

$$N_{en} = PT / \text{capacidade admissível p/ estaca}$$

A capacidade admissível por estaca é o menor dos valores encontrados nos ítens a (4) e d (4).

(6) Calcular a relação E/DE que deve ser maior ou igual a 3

$$E / DE = Lu / (N_{en} - 1)\ DE\ ;\ E / DE \geqslant 3$$

- De = Diâmetro da estaca; E = espaçamento entre estacas
- Observar o subparágrafo (8), diante.
- Se E/DE for menor do que 3, tentar um cavalete com duas seções.

(7) Usando o gráfico de estacas (Fig 6-21), determinar o número de estacas para um cavalete simples, $N_e$ (minímo de 4).

(8) Verificar o espaçamento centro a centro entre estacas.

- $E_{max}$, espaçamento máximo = 5 d (chapeú) (se o chapeú não está calculado, deverá ser projetado. Ver item f (5), adiante).
- $E_{min}$, espaçamento mínimo = 3 x diâmetro da estaca.
- Espaçamento real entre estacas = Lu / Ne (por seção) - 1
- Se o espaçamento devido não é encontrado considerando-se um cavalete simples, será necessário um cavalete de duas seções.
- Usar a figura 6-21 para determinar o número de estacas, "Ne", necessárias para uma seção do cavalete. Ver item f (5) adiante, para o projeto de soleira e chapéu.

**e. Exemplo Nr 2 - Projeto de infra-estrutura com cavaletes de estacas** - Projetar uma infra-estrutura para uma ponte de classe 60, L1 = 6,1 m, L2 = 9,1 m, He = 4,55 m, chapéu de 30x 30 cm, diâmetros das estacas DE = 25 cm, de altura de queda do maço H = 3 m, peso do maço p = 906 kg, penetração para os últimos 6 golpes = 15 cm, Lu =7,3 m, 7 vigas de aço, piso de pranchões de 15 cm, número de vias = 2.

(1) He = 4,55 m < 6,7 m, tabela 6-7. Não há necessidade de contraventamentos nos centros das estacas.

(2) Vão efetivo Le = 6,1 + 9,1 = 15,2 m

(3) $Q_m$ = 46,7 t Fig 6-11

(4) $q_g = G1L1/2 + G2L2/2$; L1 = 6,1m; G1 = 1,55 t/m

(5) $L_2$ = 9,1; $G_2$ = 1,72 t/m;

(6) $q_g$ = 4,75 + 7,85 = 12,60 t (fig. 6-5 e 6-6)

(7) $P_T = Q_m$ x Nr vias + $q_g$ = 46,7 x 2 + 12,6 = 106 t

(8) Capacidade de 1 estaca = 18,1 (tabela 6-7).

(9) Carga admissível devido ao atrito lateral:

P = 16,5 pH/ h+2,5 = 16,5 x 906 x 3 / (15/6 + 2,5) = 44847/ (2,5+2,5) = 8969,4 kg = 9t

Capacidade admissível por estaca = 9000 kg (a menor dos itens a(4) e d(4))

(10) $N_{en}$ = PT / Cap Adm = 106/9 = 11,8 (sem arredondar)

(11) E/DE = $L_u$ / (Nen - 1) DE = 7,3 / (11,8 - 1) 0,25 = 7,3 / 2,7 = 2,71 < 3

(12) Para se entrar no gráfico de estacas (Fig 6-21) a relação E/DE deverá ser maior que 3; como não o é, deve-se tentar um cavalete de duas seções.

(13) E / DE = Lu / (Nen - 1) DE = 7,3 / (11,8/2 - 1) 0,25 = 5,96

- Número de estacas por seção = 7,1; adotar 8 (na fig. 6-21). Entrar na vertical com 11,8, procurar a inclinada de 5,95 e baixar até a horizontal.
- Espaçamento real = Lu / (Ne/Seção - 1) = 7,3 / (8-1) = 7,3 / 7 = 1,04m
- Espaçamento máximo = 5 x d; chapéu = 5 x 30 = 150 cm = 1,5 m
- Espaçamento mínimo = 3 x DE = 3 x 25 = 75 cm = 0,75 m

0,75 < 1,04 < 1,50, verificado.

(14) Ver subparágrafo "f" para o cálculo do chapéu e apoios de chapeús.

**f. Projeto dos apoios de chapéu e do chapéu (também soleira)**

(1) Determinar o comprimento teórico dos apoios de chapéu:

(a) $L_a$ > espaçamento real centro a centro entre as pernas.

(b) $L_a$ > (1/6) (H estaca).

(c) Escolher um comprimento conveniente maior que (a) e (b) acima e no mínimo igual a 1,2 m.

(2) Cálculo do momento de um apoio de chapéu:

(a) determinar: $M_a = PT\ L_a / 4$

(b) determinar $m_a$ = "m" da tabela 6-2 ou 6-3 (momento máximo admissível)

(c) determinar número de apoios necessário: $N_a = M_a/m_a$

(3) Cálculo de esforço cortante de um apoio de chapéu:

(a) determinar: $Q_a = PT/2$

(b) determinar $q_a$ = q da tabela 6-2 ou 6-3 = cortante admissível.

(c) determinar o número de apoios: $N_a = Q_a / q_a$

**OBSERVAÇÃO**

- O maior valor dos subitens (2) e (3) determinará "$N_a$"
- Valor mínimo de $N_a$ = o menor dos números de estacas ou vigas

(4) Determinar o espaçamento entre os apoioa de chapéu:

$$E_a = L_u / N_a - 1 \text{ (não arredondar valores)}$$

(5) Cálculo do chapéu:

(a) determinar $\boxed{d_{ch} = E \text{ apoios} / 5}$ (mínimo)

Mínimo absoluto para d = 20 cm

(b) determinar $\boxed{b_{ch} = 28\ PT / N_{a,v} \times b_a}$ (mínimo)

$N_{a,v}$ = o menor dos números de apoios de chapéus ou vigas
$b_a$ = a largura do apoio de chapéu
Mínimo absoluto de $b_{ch}$ = 15 cm

**g. Exemplo Nr 3 - Verificação de cálculo de chapéu simples e apoios para chapéus** - Verificar o cálculo de um chapéu e apoios de chapéu de 30 x 30 cm com os dados do exemplo Nr 2 anterior.

(1) Cálculo do comprimento do chapéu:
(a) $L_a > 1{,}04$ m
(b) $L_a > 1/6 \times H$; $L_a > 1/6 \times 4{,}55 = 0{,}76$
(c) Seleção de um comprimento conveniente para $L_a$, maior entre 0,76 m e 1, 04 m, no mínimo 1,20 m (> 1,04 > 0,76)

(2) Cálculo do momento de um apoio de chapéu
(a) $M_a = P_T L_a / 4 = 106 \times 1{,}2 / 4 = 31{,}8$ t x m
(b) $m_a = m = 796{,}61$ t x cm
(c) $N_a = M_a/m_a = 32 / 7{,}966 = 3{,}99 \cong 4$ apoios

(3) Cálculo do esforço cortante:
(a) $Q_a = P_T / 2 = 106 / 2 = 53$ t
(b) $q_a = q = 6{,}53$ t
(c) $N_a = Q_a / q_a = 53/6{,}53 = 8{,}1 \cong 9$ apoios. Usar 9 apoios de 30 x 30 cm; 9 > 7 vigas; 9 > 8 estacas

(4) $E_a = L_u / (Na - 1) = 7{,}3 / (9 - 1) = 0{,}91$ m

(5) Cálculo do chapéu:
(a) mínimo $d_{ch}$ Ea/5 = 0,91/5 = 0,182 m ≅ 20 cm
(b) mínimo $b_{ch} = 28\ P_T / N$ vigas x $b_a = 28 \times 106 / 7 \times 30 = 14{,}2$ cm ≅ 15 cm

Mínimo absoluto = 15 x 20 cm < 30 x 30. Satisfaz.

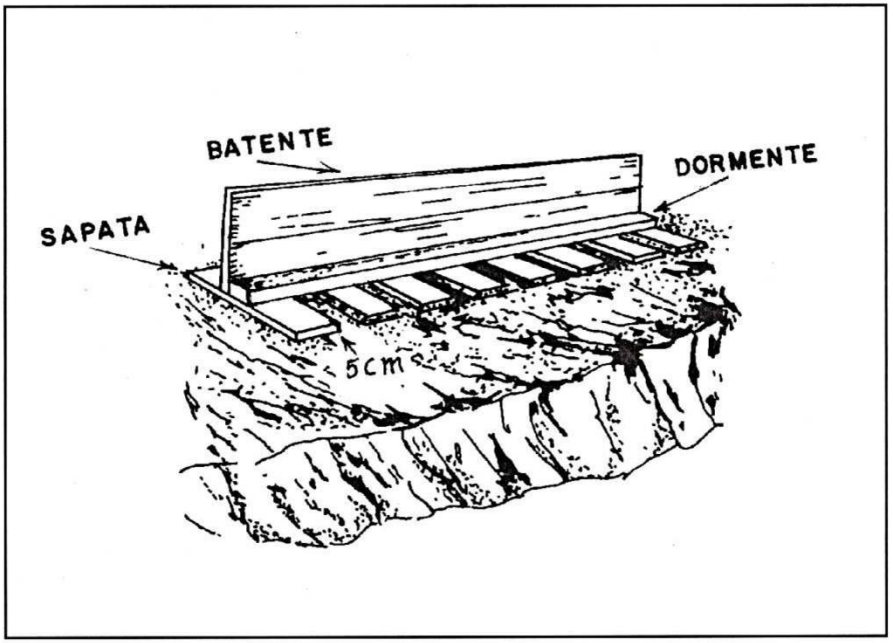



Fig 6-22. Encontro de sapatas

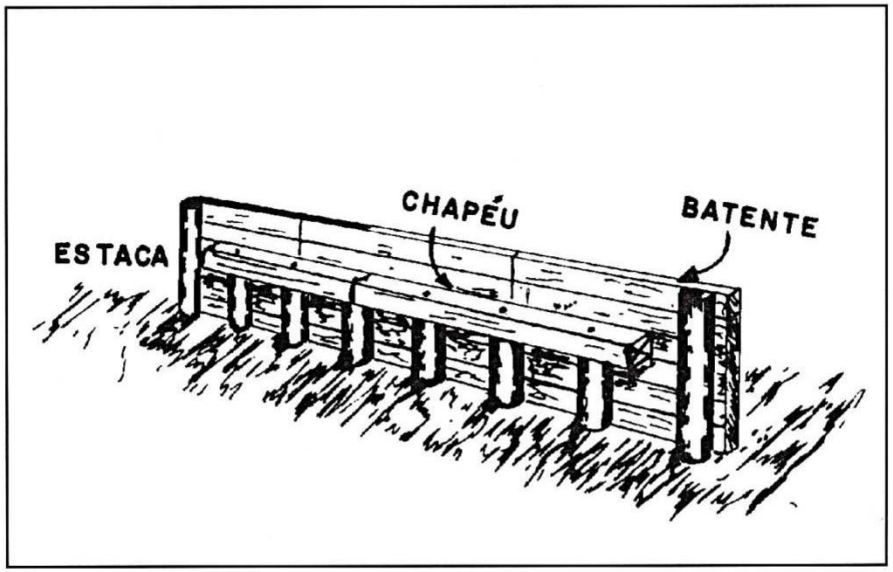



Fig 6-23. Encontro de pernas ancoradas

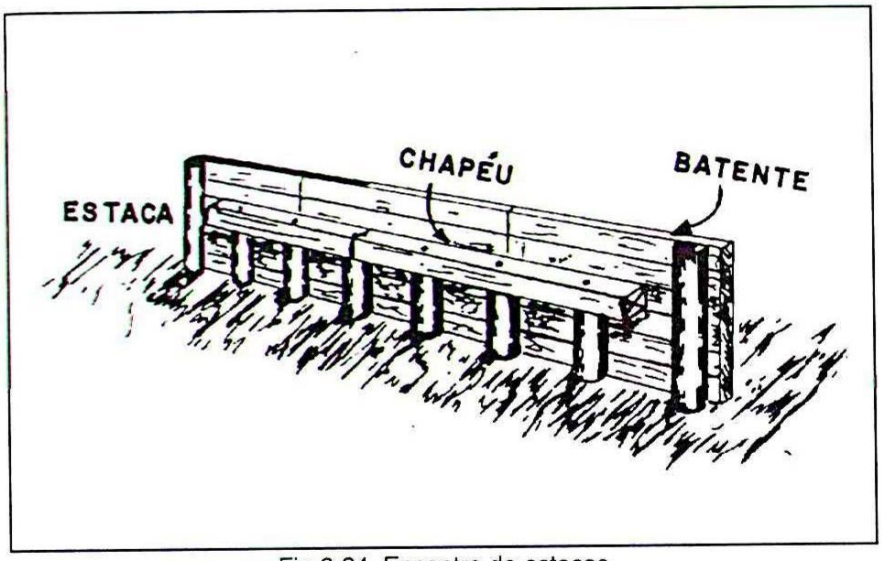



Fig 6-24. Encontro de estacas

| TIPO | VÃO | ALTURA | DETALHES |
|---|---|---|---|
| Encontro de sapatas e dormentes | Até 7,6 m | Até 0,9 m | Somente para pontes rodoviárias. Calculado somente para cargas verticais e vigas de madeira ou aço |
| Encontro de pernas ancoradas | Até 9,2 m | Até 1,8 m | Somente para pontes rodoviárias. Calculado para cargas verticais. Dormente usado para estabilidade horizontal. Utilizado para vigas de madeira e aço |
| Encontro de estacas de madeira | Qualquer comprimento | Até 3,0 m | Projetado para cargas verticais e longitudinais com vigas de madeira ou aço |

Tab 6-9. Orientação para escolha de encontros

**h. Encontros**

(1) No cálculo dos encontros usaremos a mesma sequência do cálculo dos cavaletes para ser determinado $P_T = Q_m \times (N) + q_g$, com as seguintes alterações:

- No cálculo de $Q_m$, entrar com o vão $L_1$ apenas e não $L_e = L_1 + L_2$.
- No cálculo $q_g$, a fórmula torna-se: $q_g = G1L1/2$

(2) As figuras 6-22 a 6-24 mostram exemplos de tipos de encontros que são normalmente usados para pontes semipermanentes. Uma orientação para a escolha dos encontros é dado na tabela 6-9.

**i. Observações gerais** - A orientação que se segue é geralmente aplicada no projeto das infra-estruturas estudadas.

(1) Pernas de cavaletes - O espaçamento máximo, centro a centro, é de 5 vezes a altura do chapéu ou soleira. O espaçamento máximo, centro a centro, longitudinalmente, é igual a distância face a face entre os apoios de chapéus.

(2) Chapéus e soleiras - Com peças roliças de madeira, o diâmetro deverá ser, no mínimo, de 5 cm maior do que o das pernas. Cortar a madeira para ajustar no topo e juntas. Com peças retangulares, a seção deverá ter, no mínimo, as mesmas dimensões das pernas, com a maior dimensão na vertical; 15 x 20 cm é um mínimo absoluto necessário.

(3) Contraventamentos - Se as seções de cavaletes tem mais que 1,2 metros de altura, usar contraventamentos cruzados transversalmente em todas as seções e contraventamentos longitudinais entre as seções de cada vão. Os contraventamentos transversais, em cavaletes de estacas, poderão deixar de existir desde que a estaca se apresente exposta com menos de 3 metros acima da linha do solo. A menor seção de contraventamentos é de 5 x 25 cm.

(4) Para cavalete de estaca com mais de uma seção, usar (Nen) por seção para calcular a relação:

E / DE = espaçamento das estacas / diâmetro das estacas

## ARTIGO III

## PONTE PÊNSIL LEVE E PASSADEIRAS DE CIRCUNSTÂNCIAS

### 6-7. PONTE PÊNSIL LEVE

As pontes tipo pênsil são usadas para vencer grandes vãos. O sistema do piso é sustentado por cabos. Os cabos são suportados pelas torres e ancorados junto dos encontros. A figura 6-25 mostra uma ponte pênsil leve.

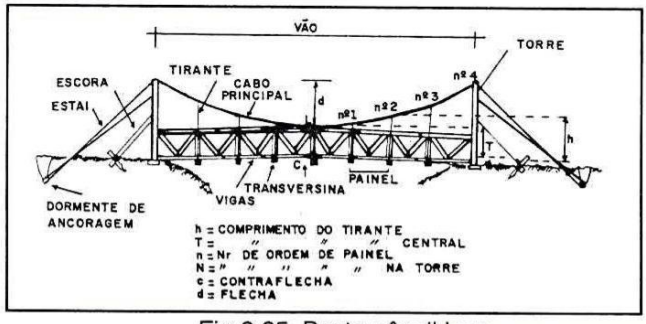



Fig 6-25. Ponte pênsil leve

**a. Classe de uma ponte pênsil** - Para obter a classe de uma ponte pênsil, expeditamente, basta avaliar sua estrutura quanto às vigas e ao piso, de acordo com os parágrafos 6-1 e 6-2.

**b. Dados para projetos de ponte pênsil leve** - A tabela 6-10 apresenta dados para projetos de ponte pênsil leve.

| ELEMENTOS | DADOS | | |
|---|---|---|---|
| Comprimento do painel | Variável de 3 a 4,5 m | | |
| Flecha | Cerca de 0, 6 m | | |
| Projeto de vigas | Ver parágrafo 6-5 | | |
| Transversinas | 10 x 10 cm, para tropas a pé e animais isolados. Ver parágrafo 6-5<br>15 x 15 cm, para Vtr de 1/4 t<br>20 x 20 cm, para Vtr de 3/4 t | | |
| Resistência dos tirantes | Considerar o peso próprio de um painel, a carga móvel e mais 100% da carga móvel, como impacto | | |
| Comprimento dos tirantes | h = T + (n/N)2 (C + d) Ver Fig 6-25 | | |
| Coeficiente da flecha (relação da flecha pelo vão) | 5% para passadeiras de infantaria<br>10% para pontes para animais e pequenas Vtr | | |
| Cabo Principal | Coeficiente da flecha % | Esforço máximo nos cabos principais em relação à soma do peso próprio da Pnt mais duas vezes o peso da Vtr (100% de impacto) | Comprimento do cabo principal entre as torres, em relação ao comprimento do vão |
| | 7 | 1,94 | 1,012 |
| | 8 | 1,57 | 1,018 |
| | 9 | 1,46 | 1,022 |
| | 10 | 1,35 | 1,026 |
| | 11 | 1,23 | 1,033 |
| | 12,5 | 1,12 | 1,041 |
| | 16,66 | 0,9 | 1,07 |
| Torres | Postes e chapéus de 30 x 30 cm podem suportar cargas até (inclusive) a de uma Vtr de 2 1/2 t | | |
| Ancoragem | O dormente, ou outro qualquer tipo de ancoragem deve suportar o esforço máximo do cabo principal. Para o cálculo do cabo principal, ver tabela 1-3 | | |
| Fator de segurança | Cabo de aço = 2<br>Corda de fibra = 3,5 | | |

Tab 6-10. Dados para projeto de ponte pênsil leve

**c. Exemplo de cálculo de uma ponte pênsil**

(1) Dimensionar os cabos principais de uma ponte pênsil para um vão de 60 m, para possibilitar a passagem de uma Vtr de 8 t de peso bruto. Estimou-se o peso próprio da ponte em 20 t; o coeficiente da flecha = 10%.

(2) Solução:

- Peso da Pnt..... 20 t
- Carga de Vtr..... Vtr 8 t
- Impacto ..... 8 t
- Total ..... 36 t

(3)Esforço máximo nos cabos para um coeficiente de flecha de 10% = 36 t x 11,35 = 48,6 t. Se forem usados dois cabos principais, cada um terá um esforço máximo de 24,3 t. Utilizando cabos de aço de 6 x 19 (6 cordões e cada cordão com 19 fios), necessitaremos de cabo de 1 1/2" de diâmetro (esforço de segurança em cada cabo = fator de segurança x esforço no cabo = 24,3 t x 2 = 48,6 t ≅ cabo de 1 1/2").

## 6-8. PASSADEIRAS DE TRÊS CORDAS

A passadeira de três cordas é utilizada para tropa a pé, com equipamento, com resistência máxima para 7 homens no intervalo de cinco passos. O vão máximo da passadeira é de 45 m. Procedimentos para a construção:

**a.** construir os suportes para corda de piso e as cordas de corrimão, nas duas margens.

**b.** estender as cordas no chão, próximas à margem, paralelamente, com 1.5 m de intervalo entre si. O diâmetro mínimo da corda do piso é de 1" e as cordas de corrimão deverão ter, no mínimo, 3/4".

**c.** cortar os tirantes de corda com 3,6 m de comprimento e amarrá-los nas cordas do piso, no centro do tirante. O intervalo entre os tirantes poderá ser de até 3 m.

**d.** içar as cordas de corrimão para que fiquem na altura dos cotovelos. Amarrar então os tirantes.

**e.** puxar a passadeira através do vão, por meio de uma corda auxiliar de 1/2" de diâmetro e amarrar a passadeira na margem oposta.

**f.** esticar a passadeira, a partir da 1ª margem, até que seja obtido um coeficiente de flecha de 5% (flecha/vão). Prender firmemente.

**g.** um homem deverá fazer os ajustamentos finais na Pnt.

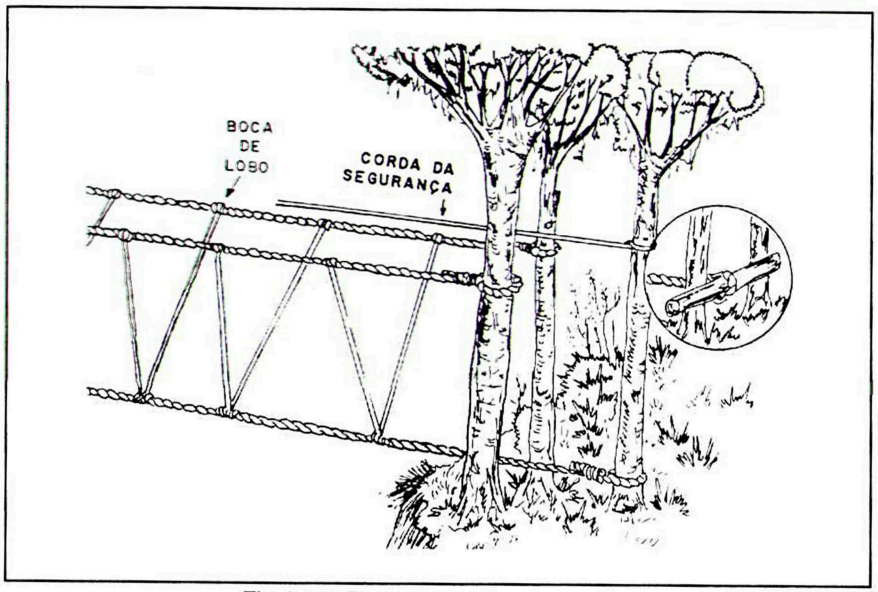



Fig 6-26. Passadeira de três cordas

## 6-9. PASSADEIRA DE QUATRO CORDAS

A passadeira de quatro cordas é utilizado para tropas a pé e animais. A resistência máxima é para 5 homens equipados, distanciados um do outro de 5 passos, ou para o animal equipado, com um condutor. O vão máximo é de 30 m. A passadeira é construída da mesma maneira que a anterior, com exceção dos detalhes a seguir:

**a.** são colocadas transversinas de 3" de diâmetro no mínimo, amarradas às duas cordas do piso e amarradas, também, às cordas de corrimão por meio de tirantes.

**b.** depois que a passadeira for içada, o piso é fixado nas transversinas.

## 6-10. PASSADEIRAS EXPEDITAS

A figura 6-27 apresenta seis modelos para passadeiras expeditas de madeira. A resistência não poderá ser calculada com precisão, como nas Pnt padronizadas.

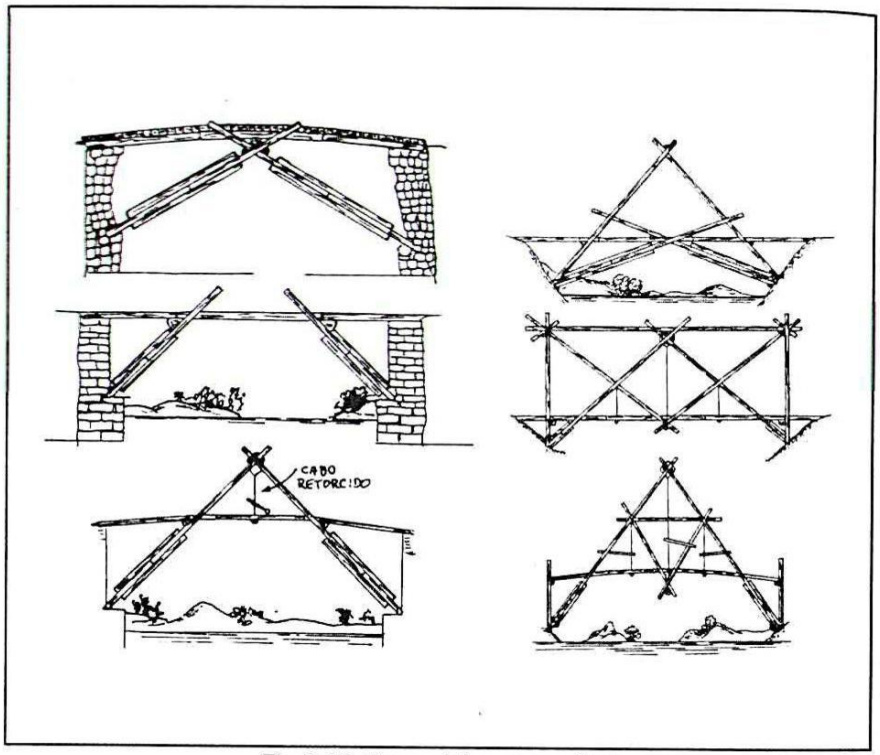



Fig 6-27. Passadeiras expeditas

| | | VÃO EM METROS | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 3.0 | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 10.0 | 11.0 | 12.0 |
| C | 4 | 170.30 | 228.40 | 267.30 | 306.40 | 354.40 | 405.50 | 507.60 | 609.80 | 712.00 | 814.20 | 916.30 | 1018.50 |
| L | 8 | 374.30 | 499.00 | 561.40 | 623.80 | 686.10 | 748.50 | 873.30 | 1061.40 | 1254.40 | 1467.70 | 1671.10 | 1874.60 |
| A | 12 | 544.50 | 726.00 | 816.80 | 907.50 | 998.30 | 1099.10 | 1375.60 | 1670.30 | 1965.00 | 2275.90 | 2615.50 | 2955.30 |
| S | 16 | 680.30 | 907.00 | 1020.40 | 1137.10 | 1286.20 | 1428.40 | 1766.60 | 2129.60 | 2492.50 | 2883.70 | 3302.20 | 3720.80 |
| S | 20 | 748.50 | 1187.60 | 1296.30 | 1485.90 | 1676.00 | 1866.60 | 2310.40 | 2786.60 | 3262.80 | 3770.40 | 4313.30 | 4856.30 |
| E | 24 | 863.50 | 1302.90 | 1525.00 | 1748.00 | 1971.70 | 2195.90 | 2724.60 | 3291.40 | 3858.30 | 4451.50 | 5085.50 | 5719.70 |
| S | 30 | 950.10 | 1433.60 | 1678.00 | 1923.40 | 2169.40 | 2416.20 | 3009.40 | 3644.00 | 4278.80 | 5607.80 | 6370.50 | 7435.10 |
| | 40 | 1156.50 | 1693.60 | 1982.30 | 2272.20 | 2562.90 | 2854.40 | 3438.50 | 4113.00 | 4860.30 | 5607.80 | 6370.50 | 7435.10 |
| | 50 | 1368.50 | 1955.10 | 2288.30 | 2622.90 | 2958.60 | 3295.00 | 3969.50 | 4746.20 | 5607.20 | 6468.40 | 7500.20 | 8810.90 |

Tab 6-11. Momento fletor Máximo / Vtr SR (classe até 50)
(Mm em t x cm)

| | | VÃO EM METROS | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 3.0 | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 10.0 | 11.0 | 12.0 |
| C L A S S E S | 4 | 189.2 | 279.9 | 325.3 | 370.7 | 416.0 | 461.4 | 552.2 | 642.9 | 733.7 | 824.4 | 915.2 | 1005. |
| | 8 | 364.8 | 546.3 | 637.0 | 727.8 | 818.5 | 909.3 | 1090. | 1272. | 1453. | 1653. | 1816. | 1998. |
| | 12 | 443.7 | 716.0 | 852.1 | 988.2 | 1124. | 1260. | 1532. | 1805. | 2077. | 2349. | 2621. | 2894. |
| | 16 | 591.6 | 954.6 | 1135. | 1317. | 1499. | 1680. | 2043. | 2406. | 2769. | 3132. | 3495. | 3858. |
| | 20 | 739.2 | 1192. | 1419. | 1646. | 1872. | 2099. | 2553. | 3006. | 3460. | 3913. | 4367. | 4820. |
| | 24 | 887.1 | 1431. | 1703. | 1975. | 2247. | 2519. | 3064. | 36080 | 4152. | 4696. | 5241. | 5785. |
| | 30 | 914.1 | 1582. | 1922. | 2262. | 2602. | 2943. | 3623. | 4304. | 4984. | 5665. | 6345. | 7026. |
| | 40 | 1115. | 1968. | 2422. | 2875. | 3329. | 3783. | 4690. | 5597. | 6504. | 7412. | 8319. | 9226. |
| | 50 | 1288. | 2290. | 2857. | 3424. | 3991. | 4558. | 5692. | 6826. | 7960. | 9094. | 10228 | 11362 |

Tab 6-12. Momento fletor Máximo / Vtr SL (classe até 50)
(Mm em t x cm)

| | | VÃO EM METROS | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 3.0 | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 10.0 | 11.0 | 12.0 |
| C L A S S E S | 4 | 2.53 | 2.77 | 2.92 | 3.04 | 3.13 | 3.21 | 3.34 | 3.43 | 3.50 | 3.56 | 3.61 | 3.65 |
| | 8 | 4.99 | 4.99 | 4.99 | 5.18 | 5.45 | 5.67 | 6.03 | 6.30 | 6.50 | 6.67 | 6.80 | 6.92 |
| | 12 | 7.26 | 7.70 | 8.00 | 8.37 | 8.68 | 8.94 | 9.35 | 9.66 | 9.90 | 10.09 | 10.24 | 10.37 |
| | 16 | 9.40 | 10.00 | 10.34 | 10.76 | 11.00 | 11.40 | 11.83 | 12.17 | 12.43 | 12.64 | 12.81 | 12.93 |
| | 20 | 12.28 | 13.07 | 13.52 | 14.07 | 14.52 | 14.90 | 15.50 | 15.94 | 16.28 | 16.56 | 16.78 | 16.98 |
| | 24 | 14.45 | 15.37 | 15.92 | 16.60 | 17.15 | 17.61 | 18.33 | 18.88 | 19.30 | 19.64 | 19.91 | 20.14 |
| | 30 | 15.90 | 16.92 | 17.54 | 18.32 | 18.97 | 19.50 | 20.34 | 20.98 | 21.48 | 21.86 | 22.18 | 22.45 |
| | 40 | 18.78 | 19.98 | 20.38 | 20.86 | 21.68 | 22.37 | 23.45 | 24.89 | 26.07 | 27.10 | 27.93 | 28.63 |
| | 50 | 21.68 | 23.07 | 23.53 | 24.07 | 25.02 | 25.81 | 27.05 | 29.45 | 31.22 | 32.63 | 33.79 | 34.79 |

Tab 6-13. Esforço cortante Máximo / Vtr SR (classe até 50)
(Qm em t)

| | | VÃO EM METROS | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 3.0 | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 10.0 | 11.0 | 12.0 |
| C L A S S E S | 4 | 2.52 | 2.80 | 2.90 | 2.97 | 3.03 | 3.08 | 3.16 | 3.22 | 3.26 | 3.30 | 3.33 | 3.35 |
| | 8 | 4.86 | 5.46 | 5.66 | 5.82 | 5.95 | 6.06 | 6.23 | 6.36 | 6.46 | 6.54 | 6.61 | 6.66 |
| | 12 | 5.92 | 7.16 | 7.57 | 7.90 | 8.18 | 8.40 | 8.76 | 9.03 | 9.23 | 9.40 | 9.53 | 9.65 |
| | 16 | 7.89 | 9.55 | 10.10 | 10.54 | 10.90 | 11.20 | 11.67 | 12.03 | 12.31 | 12.53 | 12.71 | 12.86 |
| | 20 | 9.86 | 11.92 | 12.62 | 13.17 | 13.62 | 14.00 | 14.60 | 15.03 | 15.38 | 15.65 | 15.88 | 16.07 |
| | 24 | 11.83 | 14.31 | 15.14 | 15.80 | 16.35 | 16.80 | 17.51 | 18.04 | 18.46 | 18.79 | 19.09 | 19.28 |
| | 30 | 12.19 | 15.82 | 17.09 | 18.10 | 18.93 | 19.62 | 20.71 | 21.52 | 22.15 | 22.66 | 23.07 | 23.42 |
| | 40 | 14.87 | 19.69 | 21.53 | 23.00 | 24.22 | 25.22 | 26.80 | 27.99 | 28.91 | 29.65 | 30.25 | 30.76 |
| | 50 | 17.18 | 22.91 | 25.40 | 27.40 | 29.03 | 30.39 | 32.53 | 34.13 | 35.28 | 36.38 | 37.19 | 37.88 |

Tab 6-14. Esforço cortante Máximo / Vtr SL (classe até 50)
(Qm em t)

# CAPÍTULO 7

# EQUIPAGENS DE PONTES, PASSADEIRAS E PORTADAS

## ARTIGO I

## PRINCIPAIS TABELAS

### 7-1. TIPOS E CARACTRÍSTICAS DAS PRINCIPAIS EQUIPAGENS

| TIPO | UTILIZAÇÃO | CARACTERÍSTICAS | CAPACIDADE |
|---|---|---|---|
| BOMBARD COMANDO 4 | RECONHE-CIMENTO | Bote pneumático, com 3 compartimentos. Peso para transporte = 94 Kg | 5 homens com equipamento ou 800 Kg de carga útil. Possui adaptação para motor de popa (1). |
| M2 | RECONHE-CIMENTO | Bote pneumático, com 4 compartimentos. Peso para transporte = 53 Kg | 5 homens equipados ou 430 Kg de carga útil. |
| ZEPHYR 404M | RECONHE-CIMENTO | Bote pneumático , com 5 compartimentos. Peso para transporte = 87 Kg | 5 homens equipados ou 950 Kg de carga útil. Possui adaptação para motor de popa (1). |
| DE RECONHE-CIMENTO P/ 3 HOMENS | RECONHE-CIMENTO | Bote pneumático, com 4 compartimentos. Peso para transporte = 16 Kg | 3 homens ou 270 Kg. |
| M2 | ASSALTO | Bote de fibra de vidro. Peso para transporte = 190 Kg | 15 homens equipados ou 2.400 Kg de carga útil. Pode receber motor de popa (1). |
| M6 | | Bote pneumático, com 6 compartimentos. Peso para transporte = 124 Kg | 12 homens equipados ou 2.300 Kg de carga útil. |
| BOMBARD COMANDO 6 | | Bote pneumático, com 5 compartimentos. Peso para transporte = 190 Kg | 12 - 16 homens ou carga útil de 2.000 Kg. Pode receber motor de popa (1). |
| ZEPHYR 5-60 ZM | ASSALTO OU SUPORTE FLUTUANTE | Bote pneumático, com 9 compartimentos. Peso para transporte = 195 Kg | 12 - 16 homens equipados ou 3.500 Kg de carga útil. Pode receber motor de popa (1). |
| BOTE DA PORTADA LEVE | ASSALTO OU SUPORTE FLUTUANTE | Bote de duralumínio. Peso para transporte = 220 Kg | GC equipado + guamição do bote ou 2.100 Kg de carga c/ 35 cm de borda livre. Pode receber motor de popa de 40 Hp para formar um pontão. |
| **OBSERVAÇÃO**: (1) Só usar motor de popa dentro das especificações dos fabricantes. Em princípio, os motores de popa devem ser de 25 HP. | | | |

Tab 7-1. Características dos botes de assalto e reconhecimento

| ESPÉCIE | SÍMBOLO | TIPO | COMPRIMENTO | BOCA | CALADO | CASCO | PONTAL | ACIONAMENTO | POTÊNCIA | VELOCIDADE | CAPACIDADE | PESO DE Trnp | AUTONOMIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| OPERACIONAIS | LL 1 | Lancha leve de reconhecimento | 4,0 e 6,0 m | 1,5 e 1,9 m | - | Fibra de vidro (fundo chato) | - | Motor de popa | 40 a 160 HP | 27 nós (50 Km/h) | 6 a 8 pessoas | 200 Kg | 250 a 300 Km |
| | LL 2 | Lancha leve de Cmdo | 5,0 e 7,0 m | 1,9 e 2,4 m | - | Fibra de vidro | - | Conjunto centro-rabeta ou turbina. Motor a gasolina ou diesel. | 75 a 170 HP | 20/32 nós (37/60 Km/h) | 5 a 10 pessoas | 600 a 1.400 Kg | Superior a 300 Km |
| | LM 1 | Lancha média de Ptr | 8,0 e 11,0 m | 3,0 e 3,5 m | 0,50 e 0,80 m | Fibra de vidro ou aço | - | 2 Conjuntos | 106 HP cada | 20/70 nós (36/50 Km/h) | 8 a 12 pessoas | 3.000 a 6.000 Kg | Superior a 400 Km |
| | LM 2 | Lancha média Trnp de pessoal | 10,0 e 15,0 m | 3,0 e 3,8 m | 0,90 e 0,80 m | Fibra de vidro ou aço | - | Conjunto centro-rabeta | - | 20/22 nós (35/40 Km/h) | 1 Pel Fz | - | 800 a 1.000 Km |
| | EM | Embarcação de Manobra (Modelo Americano) | 8,11 m | 2,03 m | - | Alumínio | 1,92 m | 2 motores diesel | 92 HP | 32 km/h | - | 2.650 Kg | - |
| | EM | Embarcação de Manobra (Modelo Brasileiro) | 8,24 m | 2,49 m | 1,16 m | Fibra de vidro | 1,96 m | 2 motores diesel | 70 a 100 CV | - | - | 3.240 Kg | - |
| OPERACIONAIS ADMINISTRATIVAS | LM 3 | Lancha média Trnp | 33,65 m | 7,90 m | 1,60 m | - | 3,00 m | Motor Diesel | 510 HP | 7 nós (13 Km/h) | 1 Cia Fz | 120 t | 2.500 Km |
| | LP 1 | Lancha pesada Trnp | 25,00 e 30,00 m | 7,00 m | 1,10 e 1,40 m | - | 1,90 e 2,50 m | - | - | - | - | 70 a120 t | - |
| | LP 2 | Lancha pesada Trnp | 33,65 m | 7,90 m | 1,60 m | - | - | Motor Diesel | 510 HP | 7 nós (13 Km/h) | 1 Cia Fz | 120 t | 2.500 Km |
| ADMINISTRATIVAS | BL 1 | Balsa leve 60 t | 18,00 m | 6,00 m | 0,70 m | - | 1,00 m | - | - | - | - | 60 t | - |
| | BM 1 | Balsa média 150 t | 23,00 m | 8,40 m | 1,00 m | - | 1,40 m | - | - | - | - | 150 t | - |
| | BM 2 | Balsa média 200 t | 32,00 m | 8,40 m | 1,10 m | - | 1,70 m | - | - | - | - | 200 t | - |
| | BP 1 | Balsa pesada 300 t | 37,00 m | 8,40 m | 1,30 m | - | 1,70 m | - | - | - | - | 700 t | - |
| | RE 1 | Reboque empurrador | 19,70 m | 4,80 m | 1,00 m | - | 1,50 m | 2 motores diesel | 155 HP | 6 nós (11 Km/h) | - | 700 t | 5.000 Km |

Tab 7-2. Características de outras embarcações

| TIPO | NATUREZA DO SUPORTE | METROS POR EQUIPAGEM | TRANSPORTE NECESSÁRIO P/ EQUIPAGEM | CAPACIDADE | TEMPO DE CONSTRUÇÃO (1) | EFETIVO | | ESCOAMENTO | OBSERVAÇÕES (1) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Cnst | Mnt | | |
| De alumínio normal | Pontão de botes de alumínio | 144 m | 2 Vtr de 2 1/2 t c/ Reboque | Tropas a pé | 4,5 m/min | 1 Pel E | 1 GE | 75 H/min (dia) 40 H/min (noite) | O Tempo de construção não inclui o descarregamento do material, o preparo das margens e o lançamento de cabos de ancoragem. Para trabalhos noturnos, acrescentar 50% ao tempo necessário. |
| De alumínio reforçado | Pontão de botes de alumínio | 30 m | 2 Vtr de 2 1/2 t c/ Reboque | Tropas a pé e Vtr 1/4 t | 0,8 m/min | 1 Pel E | 1 GE | 150 H/min 200 Vtr/h | |

Tab 7-3. Características de passadeiras

| MATERIAL E TIPO | | NÚMERO DE PONTÕES | COMPRIMENTO (m) (9) | TEMPO DE CONSTRUÇÃO (min) (8) | EFETIVO | | CLASSE | TRANSPORTE NECESSÁRIO | CORRENTEZA MÁXIMA m/s (1) | VIAGEM POR HORA (7) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Cnst | Op | | | | Largura do rio (m) | | |
| | | | | | | | | | | 90 | 150 | 300 |
| M2 | Normal | 3 | 12,0 | 5/10 | 1 Pel E | 1 GE | 6 | 1 Vtr 2 1/2 t com Reboque | 1,5 | 6 | 3 | 2 |
| | Reforçada | 5 | 15,0 | 8/15 | | | 8 | 2 Vtr 2 1/2 t com Reboque | | | | |
| | | 7 | 19,0 | 10/20 | | | 10 (2) | | | | | |
| LEVE | | 4 | 11,4/16,2 | 20/30 | 1 Pel E | 1 GE | 8 | 3 Vtr 2 1/2 t c/ Rbq ou 6 Vtr 2 1/2 MP | 1,5 | 10 | 6 | 4 |
| | | 5 | 14,6/19,4 | 25/35 | | | 12 | | | | | |
| | | 6 | 14,6/19,4 | 35/45 | | | 16 | | | | | |
| B4 A1 | I | 4 | 12,0 | 20 | 1 Pel E | 1 GE | 35 | 4 Vtr 5 t c/ Reboque | 3,0 | 10 | 6 | 4 |
| | II | 6 | 16,0 | 25 | | | 50 | 6 Vtr 5 t c/ Reboque | | | | |
| M4 T6 | Normal | 4 | 15,7/26,5 | 90 (3) | 1 Pel E | 1 GE | 45 | 5 Vtr 5 t | 2,1 | 10 | 6 | 4 |
| | Reforçada | 4 | 20,3/26,5 | 90 | | | 50 | | | | | |
| | Normal | 5 | 11,6/31,1 | 100 | | | 50 | | | | | |
| | Reforçada | 5 | 15,2/27,1 | 100 | | | 60 | 6 Vtr 5 t | | | | |
| | Reforçada | 6 | 16,2/31,5 | 100 | | | 65 | | | | | |

Tab 7-4. Características de portadas

| MATERIAL E TIPO | | NÚMERO DE PONTÕES | COMPRIMENTO (m) (9) | TEMPO DE CONSTRUÇÃO (min) (8) | EFETIVO | | CLASSE | TRANSPORTE NECESSÁRIO | CORRENTEZA MÁXIMA m/s (1) | VIAGEM POR HORA (7) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Cnst | Op | | | | Largura do rio (m) | | |
| | | | | | | | | | | 90 | 150 | 300 |
| SUPORTES DE EQUIPAGEM. Pnt Pa Flu (UNIFLOTE) | A | 4 uniflotes | 19,2 | 30 | 1 GE | 1 GE | 32 | 4 Vtr 5 t c/ 4 Reboques | 3,0 | 6 | 3 | 2 |
| | B | 6 uniflotes | 19,6 | 60 | | | 48 | 6 Vtr 5 t c/ 6 Reboques | | | | |
| | C | 8 uniflotes | 24,6 | 60 | | | 64 | 8 Vtr 5 t c/ 8 Reboques | | | | |
| | D | 9 uniflotes | 24,6 | 120 | 1 Pel E | | 72 | 9 Vtr 5 t c/ 9 Reboques | | | | |
| | E | 12 uniflotes | 30,0 | 120 | | | 96 | 12 Vtr 5 t com 8 Reboques | | | | |
| PORTADA PESADA (RIBBON) | | 3 seções | 6,7/17,9 | 20 | 22 H | 1 GE | 20 | 3 Vtr 7 t c/ 2 Reboques | - | | | |
| | | 4 seções | 13,4/24,4 | 25 | 25 H | | 40 | 4 Vtr 7 t c/ 2 Reboques | - | 10 | 6 | 4 |
| | | 5 seções | 20,1/31,3 | 30 | 28 H | | 60 | 5 Vtr 7 t c/ 2 Reboques | | | | |

**OBSERVAÇÕES:**
(1) Correnteza máxima, para a classe indicada.
(2) A Classe 10 está considerando 1 Vtr na portada; para 2 Vtr, a classe deverá ser 16.
(3) No tempo de construção está incluido o de descarregamento do material e o preparo das margens e considera o emprego de tropa treinada, de dia. À noite, acrescer 50% ao tempo necessário.
(4) As profundidades mínimas para os pontões pneumáticos (M4T6) é de 1,0 m; para os pontões metálicos (Leve e B4A2) é de 0,75 m; para os Uniflotes de Equipagem de Pnt Pa Flu é de 1,0 m.
(5) As larguras mínimas do curso de água para que seja compensadora a operação de portadas são as seguintes:
- Prtd Leve - 45 m;
- Prtd Pesada (B4A2, M4T6 e uniflote) - 75 m;
(6) O Número desejável da Prtd operando por local, de acordo com a largura do rio é o seguinte:
- até 90 m ..... 1
- entre 90 a 150 m ..... 2 + 1 Res
- entre 150 a 300 m ..... 3
(7) O Nr de viagens por hora considera o percurso de ida e volta e o carregamento e descarregamento das Vtr nas portadas.
(8) O primeiro tempo refere-se a treinamentos, o segundo refere-se a planejamentos.
(9) O primeiro comprimento é o útil, o segundo é o máximo.

Tab 7-4. Características de portadas (Continuação)

| Tipo | | Natureza do suporte | Metro por equipagem | Transporte necessário por equipagem | Classe (9) (10) | Tempo de Construção m/min (7) | Efetivo | | Escoamento | Observações |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Construção | Manutenção | | |
| M2 (5) | Normal | Pontão | 11 (3) | 1 Viatura 2 1/2 t com Reboque | 8 (4) | 1 | 2 Pel E | 1 GE | 200 Vtr/h | (1) As passadeiras não convém ser empregadas em rios de largura superior a 150 m e Vel corrente > 3,3 m/s (Tab 7-3)<br><br>(2) As profundidades requeridas são as seguintes:<br>- Psd.....0,50 m<br>- M2 ..... 0,50 m<br>- M4A2 ...0,75 m<br>- Leve ....0,75 m<br>- M4T6 ... 1,0 m<br>- Uniflote. 1,0 m<br>(3) Incompleta<br><br>(4) Para velocidade de correnteza de 1,5 m/seg |
| | Reforçada | | 7 (3) | | 13 (4) | 0,75 | | | | |
| LEVE (5) | | Pontão | 13,4 | 3 Vtr 2 1/2 t c/ Reboque ou 6 Vtr 2 1/2t MP | 16 (4) | 1,2 | 2 Pel E | 1 GE | 400 Vtr/h | |
| B4A2 | Cl 25 | Pontão normal | 200 | 48 Vtr MP 2 Vtr LM 2 Vtr Propulsor 16 Rbq MP 32 Rbq CP Vtr e Rbq Cavalete | 25 | 0,57 | Em rios até 90 m:1 Cia E C m b . E m rios c/ mais 90 m: 2 Cia E Cmb | 1 Pel E | 400 Vtr/h | |
| | Cl 35 | Pontão grande | 136 | | 35 | 0,43 | | | | |
| | Cl 50 | | 74 | | 50 | 0,31 | | | | |
| | Fixa | Cavalete | 68 | | 50 | 0,34 | 1 Pel E | 1 GE | | |
| M4 T6 | Normal | Pontão | 43,18 | 11 Viaturas 5t 1 Viatura 2 1/2 t | 40 / 50 | 0,2 m/min | Pontes normais até 45 m: 1 Cia e Ref 2 Pel | 1 Pel E | 400 Vtr/h | (5) Para as Pnt M2 a LEVE, o comprimento e os meios de Transp. se referem a uma Eqp de Prtd normal.<br>(6) As necessidades em transporte se referem apenas ao material. Deverá ser previsto ao Trsp necessário ao pessoal encarregado da construção.<br>(7) O tempo de construção é calculado para trabalhos diurnos, com pessoal treinado. Para trabalhos noturnos acrescer 50% às necessidades. |
| | Reforçada | | -0-(3) | | 70/75 | | | | | |
| | Semi-reduzida | | 52,32 | | 19/22 | | | | | |
| | Reduzida | | -0-(3) | | 12/14 | | | | | |
| | Super-reduzida | | -0-(3) | | 8/9 | | | | | |
| | Normal | Meio-pontão | 43,18 | | 13 | 1,7 m/min | | | | |
| | Fixa | Cavalete | 18 | | 60 | 0,4 m/min | | | | |
| Bailey flutuante | Fita | 2 uniflotes e duas proas | 72 | 16 Viaturas 5 t com Reboque 5 t | 50 | 0,16 m/min | 1 Pel E Cmb | 1 Pel E | 400 Vtr/h | |
| | | 3 uniflotes e duas proas | 48 | | 70 | | | | | |

Tab 7-5. Características das pontes flutuantes, fixas e de cavaletes de equipagem

| Tipo | | Natureza do suporte | Metro por equipagem | Transporte necessário por equipagem | Classe (9) (10) | Tempo de Construção m/min (7) | Efetivo | | Escoamento | Observações |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Construção | Manutenção | | |
| PNT BAILEY FLUTUANTE | Cl 32 | 2 triflotes nas articulações LM-LF1,mais 2 triflotes nas articulações LFO-LF1 ou LFO-LFO | 230 | 19 Vtr de 14 t Tmp Sec Pnt DS 16 Vtr de 14 t e 16 Rbq 5t Tmp 48 uniflotes 32 proas popas e 08 Cjt articulação. 1 Vtr 14t e 1Rbq 5t. Tmp reforço de 2 LM de 100 pés. 1Vtr de 14 t. Tmp ferramental.1Vtr de 14t.Tmp 2 rampas 16 Vtr 14 t e 16 Rbq 5 t tmp 48 unifiotes, 32 proas, popas e 8 conjuntos de articulação. | 32 | 0,16 | 2 Cia E Cmb mais 19 especialistas de Cia E Pontes Pa Flutuantes | 1 Pel E | 400 Vtr/h | (8) Estimativa não inclui a preparação do terreno,nem a locação dos roletes e constituição de fundações, que tomam cerca de 4 horas (Pode variar em função do terreno)<br>(9) Capacidade p/ Vel da corrente entre 1,5 a 2,1m/s<br><br>(10) Classe de Vtr:<br>- Vtr de rodas/Vtr de lagartas. |
| PONTE MODULAR PESADA (RIBBON) | NORMAL | 30 Seções internas 12 Seções rampa 12 embarcações de manobra | 212 | 42 Vtr de 7t com 14 reboques | 60 | Para 100 m de ponte 60 minutos | 72 homens para 100 m de ponte | Pel Pnt Ribbon | 200 Vtr/h | |
| PNT Pa BAILEY | | Normalmente sem suporte | 2 DS de 25 m | 25 Vtr 5t | 50 | 2 1/2 h (cada) (8) | 1 Pel E Cmb | 1 GE | 400 Vtr.h 400 Vtr | |
| | | | 1 DD de 40 m | | 35 | 5h 30 min (8) | 2 Pel E Cmb | | | |
| PNT Pq BRECHAS XLP-10 | | Sem suporte | 8 m | 1 Vtr Bld especial | 20 | 3 min | Gu da Vtr | | | |

Tab 7-5. Características das pontes flutuantes, fixas e de cavaletes de equipagem (continuação)

| VÃO | | SS | | | DS | | | TS | | | DD | | | TD | | | DT | | | TT | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Me-tros | pés | H | C | P | N | C | P | H | C | P | N | C | P | H | C | P | N | C | P | N | C | P |
| 9,14 | 30 | 30/ /30 | 42/ /37 | 47/ /42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12,1 | 40 | 24 | 36/ /34 | 40/ /38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15,2 | 50 | 24 | 33/ /31 | 36/ /35 | 75/ /70 | 83/ /76 | 83/ /84 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18,2 | 60 | 20 | 30/ /29 | 33/ /32 | 65/ /65 | 77/ /73 | 85/ /79 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21,3 | 70 | 20 | 24 | 30/ /30 | 60/ /60 | 68/ /69 | 78/ /75 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24,3 | 80 | 16 | 20 | 24 | 50/ /55 | 60/ /60 | 65/ /64 | 85/ /80 | 95/ /90 | 100/ /90 | | | | | | | | | | | | |
| 27,4 | 90 | 12 | 16 | 19 | 40/ /45 | 50/ /50 | 55/ /55 | 65/ /65 | 74/ /75 | 82/ /82 | | | | | | | | | | | | |
| 30,4 | 100 | 8 | 12 | 14 | 30/ /30 | 37/ /39 | 42/ /44 | 50/ /55 | 57/ /60 | 64/ /66 | 80/ /80 | 86/ /90 | 96/ /90 | | | | | | | | | |
| 33,5 | 110 | | | | 20 | 30/ /32 | 34/ /36 | 35/ /40 | 47/ /49 | 52/ /54 | 65/ /70 | 72/ /76 | 80/ /83 | 90/ /90 | 100/ /90 | 100/ /90 | | | | | | |
| 36,5 | 120 | | | | 16 | 23 | 27/ /30 | 30/ /35 | 38/ /41 | 43/ /45 | 45/ /55 | 57/ /61 | 64/ /68 | 75/ /80 | 83/ /90 | 91/ /90 | | | | | | |
| 39,6 | 130 | | | | 12 | 18 | 21 | 20 | 31/ /33 | 35/ /38 | 35/ /45 | 47/ /50 | 53/ /56 | 55/ /60 | 65/ /72 | 74/ /80 | 70/ /80 | 80/ /90 | 90/ /90 | | | |
| 42,6 | 140 | | | | 8 | 14 | 17 | 16 | 24 | 29/ /31 | 30/ /35 | 39/ /42 | 44/ /48 | 45/ /55 | 57/ /62 | 64/ /70 | 70/ /70 | 80/ /90 | 88/ /90 | | | |
| 45,7 | 150 | | | | | | | 12 | 18 | 22 | 24 | 32/ /35 | 36/ /40 | 35/ /45 | 47/ /51 | 54/ /58 | 60/ /60 | 77/ /85 | 85/ /90 | | | |
| 48,7 | 160 | | | | | | | 8 | 15 | 17 | 16 | 25 | 30/ /33 | 30/ /35 | 37/ /41 | 49/ /48 | 55/ /55 | 69/ /78 | 80/ /89 | 80/ /75 | 100/ /90 | 100/ /90 |
| 51,8 | 170 | | | | | | | 4 | 10 | 13 | 12 | 19 | 24 | 20 | 31/ /34 | 37/ /40 | 45/ /50 | 57/ /64 | 64/ /74 | 70/ /70 | 80/ /90 | 90/ /90 |
| 54,8 | 180 | | | | | | | | | | 8 | 15 | 18 | 16 | 24 | 29/ /32 | 35/ /45 | 48/ /58 | 55/ /60 | 55/ /60 | 66/ /75 | 77/ /87 |
| 57,9 | 190 | | | | | | | | | | | | | 12 | 18 | 22 | 30/ /35 | 39/ /43 | 46/ /51 | 45/ /55 | 59/ /66 | 68/ /77 |
| 60,9 | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | 32/ /36 | 38/ /43 | 35/ /40 | 48/ /52 | 55/ /62 |
| 64,0 | 210 | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 25 | 31/ /35 | 24 | 38/ /43 | 46/ /51 |

**OBSERVAÇÕES**

1 . N - Travessia normal
2 . C - Travessia com cautela
3 . P - Travessia com perigo
4 . O número superior indica a classe para Vtr sobre rodas e o inferior, a classe para Vtr sobre lagartas.
5 . Para classe abaixo de 30, há uma classe única (Rodas e lagartas).

Tab 7-6. Classificação das pontes biapoiadas tipo Bailey M2, com largura útil de 3,81m (12'6")

| DISTÂNCIA ENTRE ENCONTROS | LARGURA DO TABULEIRO (EM VIGAS) | LARGURA DA VIA (EM VIGAS) | TRAVESSIA | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Normal | Cautela | Perigo |
| 4,572 m (15') | 22 | 18 | (120) 100 | (120) 100 | (120) 100 |
| 7,214 m (23' 4") | 22 | 18 | (120) (*) 100 | (120) (*) 100 (*) | (120) (*) 100 |
| 9,144 m (30') | 22 | 16 | (90) 70 | (100) 80 | (110) 90 |
| | | 18 | (85) 65 | (100) 80 | (110) 90 |
| | 24 | 18 | (90) 70 | (105) 85 | (115) 95 |
| 11,684 m (38' 4") | 22 | 16 | (50) 40 | (70) 51 | (78) 57 |
| | | 18 | (45) 35 | (70) 51 | (78) 57 |
| | 24 | 18 | (55) 45 | (75) 55 | (85) 62 |
| | 26 | | (65) 50 | (82) 50 | (90) 67 |
| 13,716 m (45') | 20 | 16 | (24) 25 | (40) 35 | (47) 40 |
| | 22 | 16 | (30) 30 | (46) 40 | (54) 45 |
| | | 18 | (24) 25 | (46) 40 | (54) 45 |
| | 24 | 16 | (40) 35 | (51) 43 | (60) 49 |
| | | 18 | (30) 30 | (51) 43 | (60) 49 |
| | 26 | 16 | (45) 40 | (56) 46 | (66) 53 |
| | | 18 | (40) 35 | (56) 46 | |

**OBSERVAÇÕES:**
- Os valores entre parênteses representam a classe de viaturas sobre rodas; os valores abaixo, a classe * das viaturas sobre lagartas.
- (*) Capacidade limitada pela largura da via.

Tab 7-7. Classificação das pontes biapoiadas, construídas com a Eqp Pnt M4T6

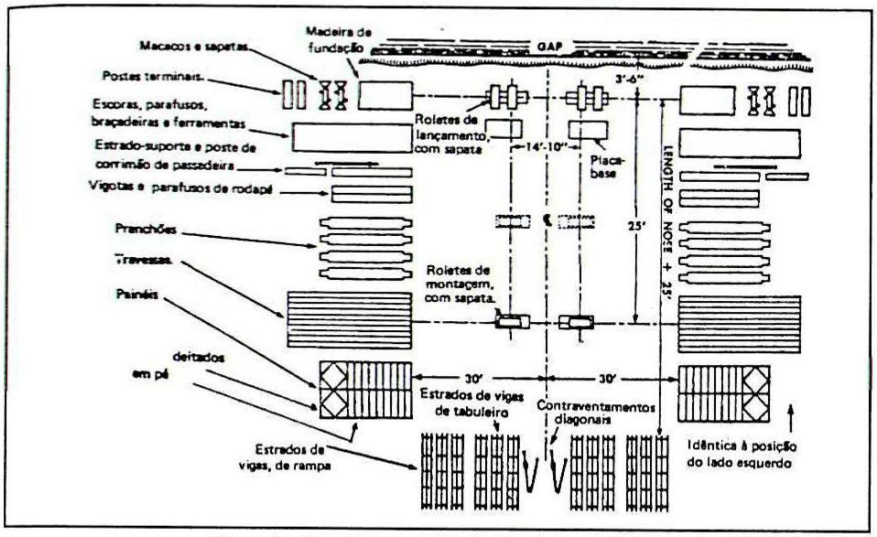



Fig 7-1. Canteiro para equipagem Bailey

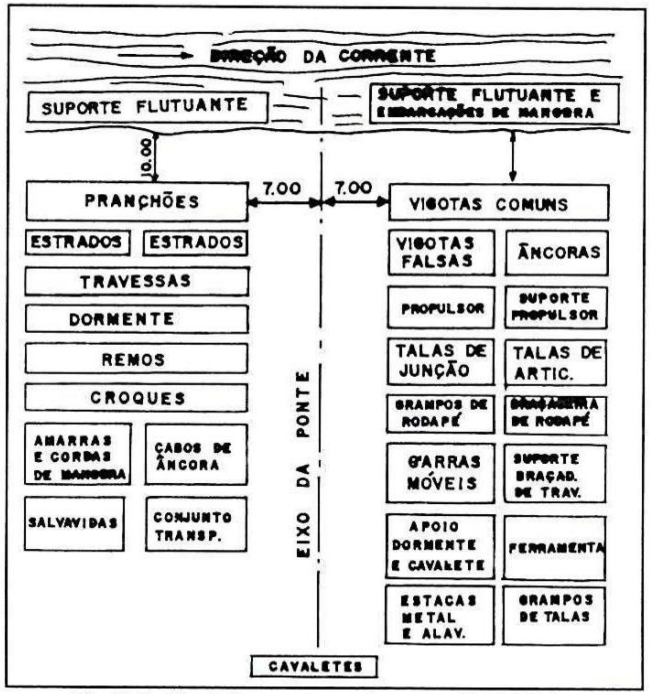
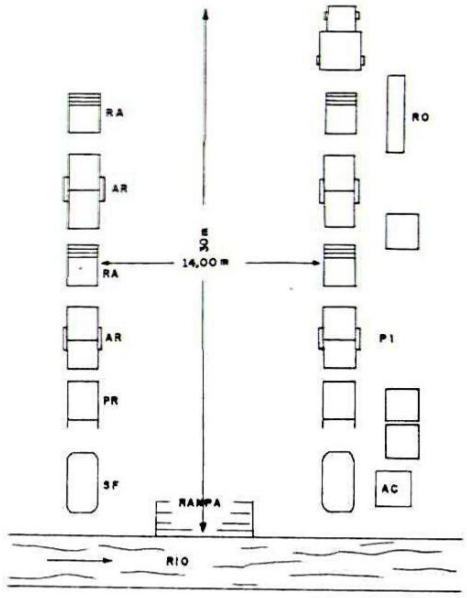
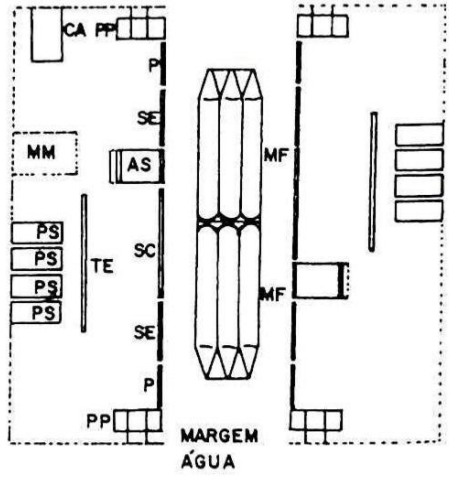



Fig 7-2. Canteiro para equipagem B4A1/A2




**Canteiro de Edp Prtd L**

RA - Painel de rampa
AR - Painel de articulação
PR - Painel de rolamento
SF - Suporte flutuante
RO - Rodapé
PI - Painel intermediário
AC - Acessórios




**Canteiro para selagem Pnt M4T6**

CA - Compressor de ar
PP - Painel de prolonge
P - Prolonge
SE - Seção extremidade de travessa da sela
MM - Material miúdo e acessórios
AS - Adaptador de sela
PS - Painel de sela
TE - Travessa de enrijecimento
SC - Seção central de travessa de sela
MF - Meio-flutuador

Fig 7-3. Canteiro para equipagem de Portada Leve e equipagem M4T6

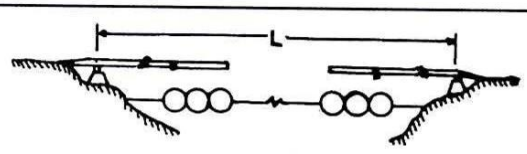
## ARTIGO II

## EQUIPAGENS DE PONTES FLUTUANTES

### 7-2. M4T6

| Flutua-dores | Lance de Fechamento | Todos os lances iguais | Com uma viga normal a menos | Com duas vigas normais a menos | Com três vigas normais a menos |
|---|---|---|---|---|---|
| PON-TÃO | Normal | L = 38,61 + 4,57 (N - 7) | - | - | - |
| | Reforçada | L = 38,61 + 9,14 (N/3 - 3) | - | - | - |
| | Semi-reduzida | L = 56,90 + 9,14 (N - 7) | L = 52,32 + 9,14 (N - 7) | - | - |
| | Reduzida | L = 75,20 + 13,72 (N - 7) | L = 70,63 + 13,72 (N - 7) | L = 66,06 + 13,72 (N-7) | - |
| | Super-reduzida | L = 93,47 + 18,29 (N - 7) | L = 88,90 + 18,29 (N - 7) | L = 84,33 + 18,29 (N - 7) | L = 79,76 + 18,29 (N - 7) |
| Meio Pontão | Normal | L = 38,61 + 4,57 (N - 7) | - | - | - |

Tab 7-8. Possibilidade das equipagens de pontes flutuantes




**Legendas:** L - Comprimento entre os encontros (m).

N > 6 - Número de suportes flutuantes

N é múltiplo de 3, nas pontes reforçadas

Fig 7-4. Ponte M4T6

### 7-3. B4-A2

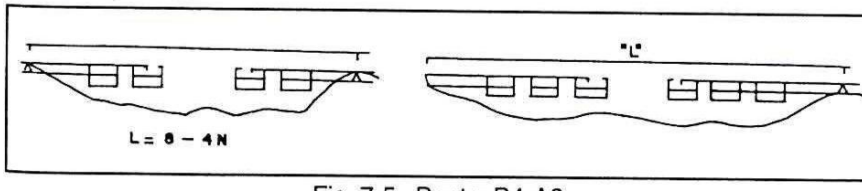



Fig 7-5. Ponte B4-A2

| FLUTUADORES | PONTE CI | COMPRIMENTO | LEGENDA |
|---|---|---|---|
| Pontão | 25 e 35 | L = 8 + 4 N | L - Comprimento entre os encontros (m).<br>N - Número de suportes flutuantes.<br>N > 4 nas pontes CI 25 e 35<br>N > 6 nas pontes CI 50 |
| | 50 | L = 10 + 2 N | |

Tab 7-9. Cálculo das pontes B4A2

## 7-4. PONTE MODULAR PESADA (RIBBON)

### a. Ponte normal CI 60

$$L = 6{,}70\ N + 11{,}2$$

ou

$$N = \frac{L - 11{,}2}{6{,}7}$$

**Legenda:**

L - Comprimento entre os encontros (m)

N - Número de seções internas

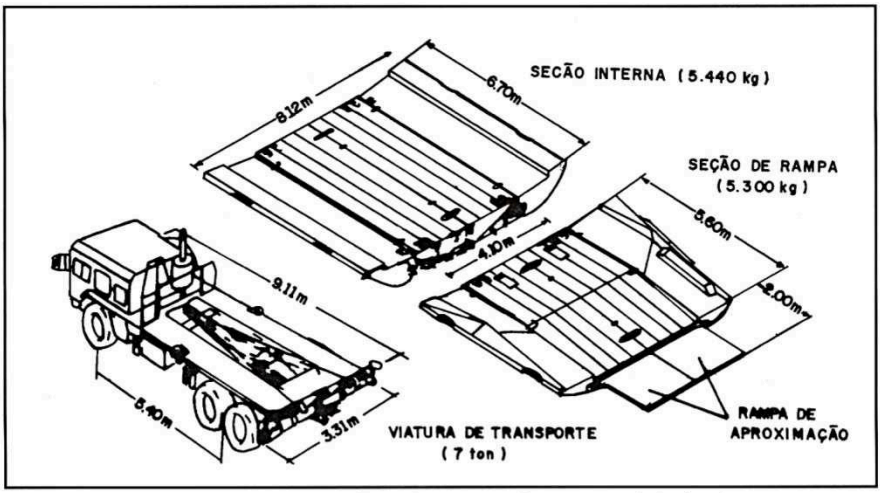



Fig 7-6. Dimensões da ponte flutuante dobrável

# CAPÍTULO 8

# ESTRADAS MILITARES

## ARTIGO I

## GENERALIDADES

8-1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

**a.** As missões atribuídas à Engenharia em relação à rede de estradas, têm por objetivo:

(1) manter ou aumentar a capacidade de trânsito da rede de estradas existentes;

(2) estabelecer o trânsito em trechos interrompidos;

(3) ampliar a rede de estradas, estabelecendo novos trechos.

**b.** Estas missões compreendem um ou mais, dos seguintes trabalhos:

(1) conservação

(2) reparação

(3) melhoramento

(4) construção

**c. Trabalhos necessários**

(1) Conservação - A conservação de estradas compreende trabalhos permanentes que visam eliminar os efeitos causados quer pelo próprio trânsito, quer pelas condições meteorológicas normais. Engloba trabalhos correntes tais como: a remoção de lama, limpeza de valetas e bueiros, colocação de saibro e areia, entulhamento de sulcos, raspagens, etc. Para os trabalhos de conservação de estradas, estima-se o rendimento médio de 10 H h/Km de estradas (1 Pel E Cmb conserva 30 Km em um dia de 10 h).

(2) Reparação

(a) A reparação de estradas compreende os trabalhos que visam a eliminar os estragos causados pela ação inimiga ou por condições meteorológicas excepcionais, tais como: bombardeios, destruições, obstáculos, quedas de barreiras, enchentes, etc.

(b) Os trabalhos de reparação podem compreender:

1) desobstruição do leito das estradas, pela remoção de escombros, barricadas, abatizes, etc.

2) contorno de trechos obstruídos, pela construção de desvios e variantes;

3) reconstrução de obras de arte destruídas parcial ou totalmente.

(3) Melhoramento

(a) Os trabalhos de melhoramento tem por objetivo a modificação das condições técnicas da estrada, a fim de aumentar sua capacidade de tráfego. Tais trabalhos, geralmente, impõem uma redução ou mesmo uma interrupção do tráfego e por isso, devem ser realizados com oportunidade e rapidez.

(b) Os trabalhos de melhoramento compreendem:

1) alargamento da estrada, consistindo no aumento da sua largura ou no aumento do número de vias (faixas de tráfego);

2) estabelecimento de desvio para o cruzamento e ultrapassagem nas estradas de uma única via;

3) modificação(ções) no traçado;

4) modificação do perfil longitudinal, como a diminuição de rampas fortes ou a intercalação de trechos em nível, por exemplo;

5) modificação na chapa de rolagem ou do leito da ferrovia, pela substituição do revestimento ou de dormentes ou trilhos existentes por outros de características superiores, ou pela colocação de revestimento e/ ou lastro, quando não existirem;

6) melhoria das condições de visibilidade nas curvas, de escoamento das águas e de drenagem do solo;

7) reforçamento das obras-de-arte existentes.

(4) Construção

(a) Os trabalhos de construção compreendem:

1) construção de pistas; e

2) construção de estradas.

(b) A construção de pista constitui trabalho normal na zona de combate, visto ser necessário para:

1) aproveitar, da melhor maneira, a rede de estradas existentes;

2) facilitar a tomada do dispositivo;

3) possibilitar a progressão das unidades.

(c) A construcão de estradas, na zona de combate, é excepcional, visto implicar em trabalho de vulto. Entretanto, algumas vezes, pode ser necessário a construção de pequenos trechos para:

1) locais de embarque e desenbarque;
2) acessos a postos de suprimento ou a depósitos;
3) permitir o melhor aproveitamento da rede de estradas existentes;
4) desviar de trechos interrompidos.

(5) Observação

(1) Normalmente é mais vantajoso reparar uma rodovia ou caminho existente do que construir uma outra inteiramente nova;
(2) As estradas revestidas são as únicas capazes de suportar um trânsito contínuo e prolongado;
(3) Pistas são caminhos abertos no campo executado apenas com o corte da vegetação graúda que impede o tráfego de viaturas e o aplainamento do solo

## 8-2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS FUNDAMENTAIS

**a. Características técnicas fundamentais**

(1) Boa capacidade de Suporte

(a) As deformações típicas devido à falta de capacidade de suporte são as seguintes: afundamentos localizados, ondulações transversais, formação de rodeiros e torções. Assim, quando se fala em capacidade de suporte deve-se pensar imediatamente em duas coisas:

1) materiais granulares
2) compactação

(2) Boas condições de rolamento e aderência

(a) Os problemas mais típicos ligados às más condições de rolamento e aderência se localizam quase que exclusivamente na camada de revestismento e são as seguintes: esburacamento generalizado, materiais granulares soltos, pista escorregadia. Assim, quando se busca boas condições de rolamento e aderência deve-se considerar 4 ítens.

1) material granular
2) material argiloso
3) mistura
4) compactação

**b. Regras básicas para os trabalhos de estradas:**

(1) O leito das estradas de campanha deve se manter o máximo possível próximo à superfície do terreno, de preferência, acima do terreno natural, para favorecer a drenagem, evitar a baixa resistência à erosão dos solos mais profundos e aproveitar a compactação natural dos solos.

(2) Um bom sistema de drenagem é essencial para a estrada de campanha; sem uma eficiente drenagem, por melhores que sejam as condições técnicas da pista, mais cedo ou mais tarde, sua deterioração será total.

## 8-3. EXIGÊNCIAS MÍNIMAS DE PROJETO

A Tabela 8-1 fornece um resumo das especificações de estradas militares.

| CARACTERÍSTICAS | ESPECIFICAÇÃO |
|---|---|
| Largura:<br>Pista de rolamento (faixa de tráfego única)<br>Pista de rolamento (duas faixas de tráfego)<br>Acostamentos (de cada lado)<br>Desmatamento e limpeza | <br>Mínimo - 3,5 m<br>Mínimo - 7,0 m<br>Mínimo - 1,5 m<br>Mínimo - 2,0 m para cada lado da faixa terraplenada |
| Rampas:<br>Máxima absoluta<br><br>Máxima normal<br>Máxima ideal<br><br>Raio de curvatura horizontal:<br>Comprimento de curva vertical:<br>Curvas côncavas<br><br>Curvas convexas | <br>A que corresponde à força e tração máximas do veículo de menor potência a circular na estrada 10%<br>Tangentes e curvas suaves, menos de 6%<br>Curvas acentuadas, menos de 4%<br>Mínimo ideal - 4,5 m<br>Mínimo absoluto - 25 m<br>Mínimo 30 m para cada 4% de diferença algébrica das rampas<br>Mínimo 40 m para cada 4% de diferença algébrica das rampas |
| Distância de visibilidade:<br>Distância dupla de visibilidade:<br>Distância de visibilidade de passagem: | <br>Mínimo absoluto - 60 m<br>Mínimo absoluto - 110 m |
| Capacidade de carga:<br>Estrada:<br><br>Pontes: | <br>Suportar carga equivalente a 8,2 t (18.000b), eixo simples roda dupla<br>Atender tráfego |
| Declividades:<br>Acostamentos<br>Abaulamento (cascalho e terra)<br>Abaulamento (pavimentada)<br>Superelevação<br>Corte (inclinação do talude)<br>Aterro (inclinação do talude) | <br>6,0 a 12,0%<br>4,0 a 6,0%<br>2,0 a 4,0%<br>2,0 a 10,5%<br>Variável<br>Variável |
| Drenagem: | Superelevação ou abaulamento adequados com sarjetas e bueiros adequados e em boas condições. Aproveitar ao máximo a drenagem natural. Tentar locar a estrada no mínimo 1,5 m acima do nível do lençol d'água freático. |
| Diversos:<br>Gabarito<br>Volume de tráfego<br>Retornos (única faixa) | <br>Mínimo - 4,3 m<br>2.000 veículos por dia<br>Mínimo - cada 400 m |

Tab 8-1. Especificações de estrada militar

## 8-4. SEÇÕES TRANVERSAIS

As figuras 8-1 a 8-3 mostram especificações de estradas militares típicas.

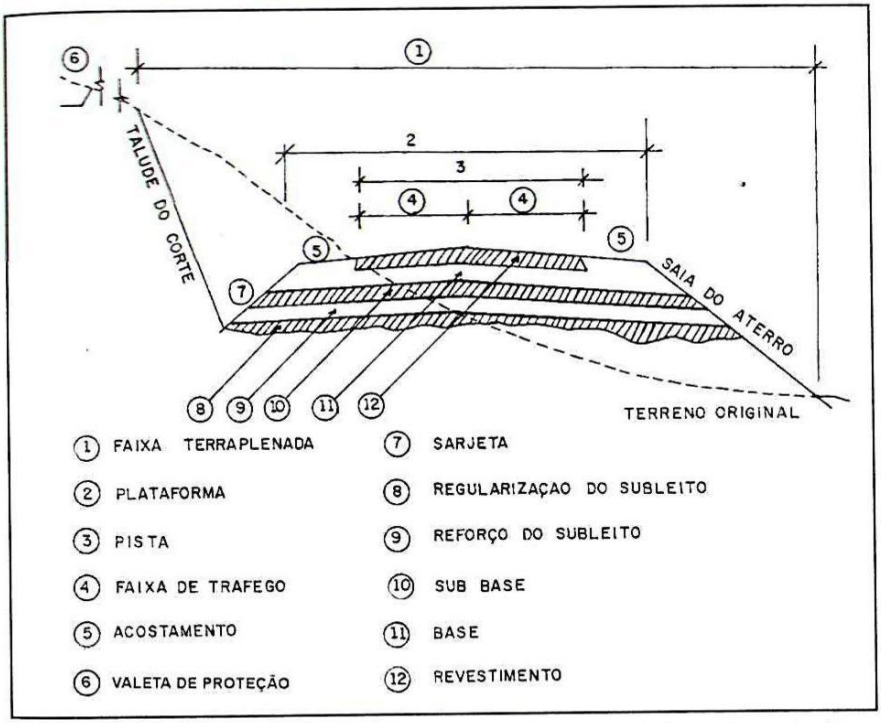



Fig 8-1. Seção transversal típica ilustrando nomenclatura da estrada

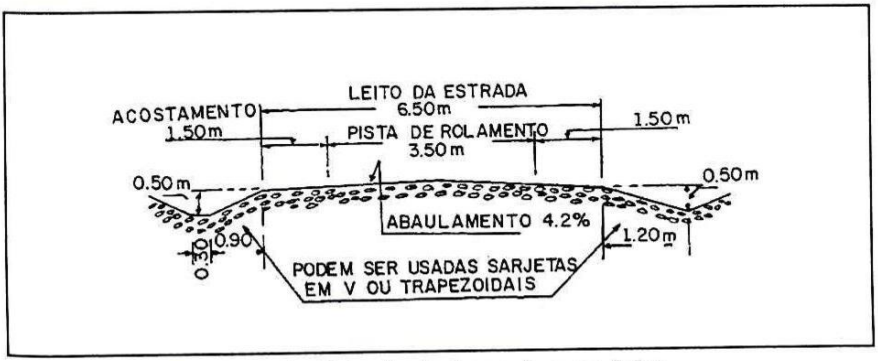



Fig 8-2. Estrada de terra de uma faixa

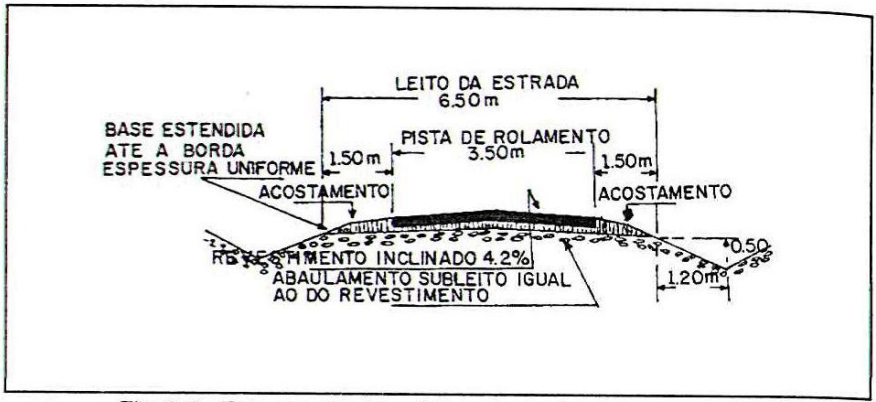



Fig 8-3. Estrada de duas faixas usando duas camadas

## 8-5. ESTACAS DE CONSTRUÇÃO

Para que o traçado da estrada fique marcado no terreno, são utilizadas estacas de madeira. A estaca poderá se constituir em piquete e testemunha ou apenas em testemunha (estaca propriamente dita).

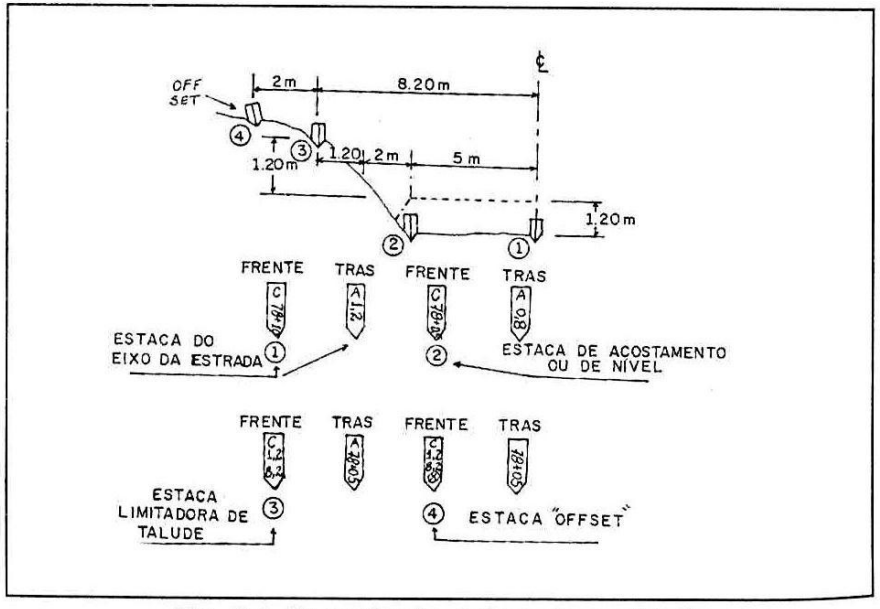



Fig 8-4. Marcação de estaca de construção

**a. Estacas do eixo da estrada**

(1) As estacas do eixo da estrada ou de alinhamento são colocadas no eixo da estrada para indicar seu alinhamento, localização e direção. Estas estacas são as primeiras a serem colocadas e ficam a intervalos de 20 metros. Em terreno irregular ou em curvas horizontais e verticais acentuadas, as estacas são colocadas mais próximas uma das outras.

(2) Colocação e marcação

(a) Colocação - As estacas são colocadas com sua parte mais larga perpendicular ao eixo da estrada. O lado da estaca voltado para o ponto de partida (ponto estação 0 + 00) é chamado de frente de estaca.

(b) Marcação - A frente da estaca é marcada com C, que significa linha central (aqui chamada eixo da estrada), e com o número-estação que define a distância do ponto de partida. Por exemplo, 78 + 05 significa 78 x 20 + 5 = 1.565 m do ponto de partida. Do lado contrário, isto é, na parte traseira da estaca, é colocada a quantidade de corte ou aterro em metros, exigida neste ponto-estação.

**b. Estacas de acostamento**

(1) As estacas de acostamento são colocadas nas bordas externas do acostamento e são usadas como guias para o operador de equipamento mecânico determinar a largura da estrada.

(2) Colocação e marcação

(a) Colocação - Estas estacas são colocadas em ângulos retos em relação ao eixo da estrada, na mesma seção transversal de cada estaca do eixo da estrada.

(b) Marcação - A marcação pode ser a mesma que para estacas em terreno irregular, ou então pode ser simplesmente uma peça de madeira plana e sem marcação, apenas indicando a borda externa do acostamento.

**c. Estacas limitadoras de talude**

(1) As estacas limitadores de talude definem os limites do trabalho de terraplenagem. Normalmente, a área a ser limpa estende-se 2,00 m além das estacas limitadoras de talude.

(2) Colocação e marcação

(a) Colocação - As estacas limitadoras de talude são colocadas em linhas perpendiculares ao eixo da estrada (uma de cada lado), nos pontos onde os taludes de corte e aterro interceptam a superfície natural do terreno. Se houver corte ou aterro a ser feito a estaca é colocada no terreno, inclinando-se para fora do eixo da estrada. As estacas de talude são colocadas a intervalos de 20 metros em tangente e a intervalos de 10 metros em curvas horizontais e verticais.

(b) Marcação - A frente da estaca limitadora de talude está voltada para o eixo da estrada. Este lado é marcado com a quantidade de corte ou aterro

a ser feito, em metros, da estaca até o nível da borda externa do acostamento. O segundo número na estaca representa a distância da estaca ao eixo da estrada. A parte posterior da estaca contém o número estação e a declividade exigida para o talude de corte ou aterro.

**d. Estacas "off set"**

(1) Tão logo o trabalho é iniciado em um corte ou aterro, as estacas do eixo da estrada desaparecem e as estacas limitadoras de talude podem ser destruídas acidentalmente. Para evitar novas medições para recolocar aquelas estacas, estacas "off set" são colocadas fora dos limites da construção com o propósito de facilitar a recolocação das estacas originais.

(2) Colocação e marcação - A estaca "off set" deverá conter todas as informações encontradas na estaca limitadora de talude e mais a distância horizontal da estaca limitadora de talude à estaca "off set". Esta distância é marcada na frente da estaca e é circunscrita por um círculo.

**e. Estacas de nível**

(1) Estacas de nível aproximado

(a) As estacas de nível aproximado são colocadas no eixo da estrada, nas linhas de acostamento e taludes, após a terraplenagem ter começado. Estas estacas são colocadas para indicar ao operador a quantidade de corte ou aterro a executar e não são consideradas como referência permanente.

(b) Colocação e marcação - A estaca de nível aproximado é colocada em um ponto de corte ou do aterro para indicar o quanto de corte ou aterro deve ser feito para ser obtido greide final. A frente da estaca (lado voltado para o eixo da estrada) é marcada com a letra " A " ou " C " indicando aterro ou corte, uma linha de referência com um sinal e a distância da estaca ao eixo da estrada. A linha de referência encontrada na estaca indica a quantidade de corte ou aterro a ser feito a partir da referida linha para atingir o greide final.

(2) Estacas de nível final

(a) Nomalmente são estacas de madeira de 5 x 5 cm enterradas no chão até que a cabeça da estaca esteja em um nível que represente o nível definido.

(b) Colocação e marcação - Estas são colocadas sempre que se sinta a necessidade de uma referência ao greide final tal como nos pontos de estação do eixo da estrada. Não há outra marcação do greide final exato ou uma certa distância padronizada acima do greide exato.

## ARTIGO II

## SOLOS

### 8-6. TESTES DE IDENTIFICAÇÃO DE SOLOS NO "SISTEMA UNIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS (SUCS) - TESTE CAMPO

#### a. Condutas para testes de identificação de campo

**Separação do pedregulho**

(1) Retirar da amostra todas as particulas maiores que 1/8" (3 cm) de diâmetro.
(2) Calcular a percentagem de pedregulho.

**Testes de decantação**

(1) Colocar a amostra (menos o pedregulho) em recipiente transparente e encher com água.
(2) Sacudir a mistura vigorosamente.
(3) Deixar a mistura em repouso por 30 segundos para decantar.
(4) Despejar a água em outro recipiente, após 30 segundos de decantação.
(5) Repetir as operações de (2) a (4) até que a água derramada esteja clara.
(6) Evaporar a água obtida nas operações descritas em (4).
(7) Calcular a percentagem de finos.

**Comparação de pedregulho e areia**

(1) Os pedregulhos foram separados no teste de separação do pedregulho acima.
(2) Os finos foram separados no teste de decantação, acima.
(3) Secar o solo remanescente no recipiente.
(4) O solo remanescente no recipiente será areia.
(5) Comparar a areia seca no recipiente com o pedregulho do teste de separação de pedregulho, acima.

**Teste da resistência seca(*)**

(1) Formar amostra úmida de 2"(5 cm) de diâmetro e 1/2 "(1,27 cm ) de espessura.
(2) Secar com baixo calor.
(3) Colocar a amostra seca entre o polegar e indicador de ambas as mãos e tentar romper.
(4) Ruptura fácil - silte.
Ruptura difícil - argila inorgânica de baixa e média plasticidade (CL).
Ruptura impossível - argila orgânica de alta plasticidade (CH).

**Teste de pulverização(*)**

(1) Friccionar com o polegar uma porção da amostra rompida e tentar escamar particulas.
(2) A amostra pulveriza - silte (M).
A amostra não se pulveriza - argila (C).

**Teste do cilindro(*)**

(1) Formar uma bola de solo úmido (do tamanho de bola de gude).
(2) Tentar moldar a bola em cilindro de 1/8" (3 mm) de diametro.
(3) Cilindro facilmente obtido - argila (C).
Cilindro não pode ser obtido - silte (M).

**Teste da fita(*)**

(1) Formar um cilindro de solo aproximadamente na forma e tamanho de um charuto.
(2) Achatar o cilindro sobre o dedo indicador e polegar; tentar formar uma fita de 8" (20 cm) a 9"(22,5 cm) de comprimento, 1/8"(0,30 cm) a 1/4"(0,60 cm) de espessura, e 1"(2,5 cm) de largura.
(3) Obtida a fita de 8"(20 cm) a 9"(22,5 cm) - CH
Fita com menos de 8"(20 cm) - CL

**Teste da dilatância(*)**

(1) Colocar amostra de solo úmido (não pegajoso) na palma da mão (volume aproximado de 8,2 cm cúbicos).
(2) Bater a mão vigorosamente contra a outra mão.
(3) Observar a rapidez da água aflorando na superfície.
(4) Se rápido, a amostra é silte (M).
Se não houver reação, a amostra é argila(C).

**Teste da mordida(*)**

(1) Colocar pequena amostra entre os dentes e morder.
(2) Se a amostra parecer arenosa, é silte(M).
(3) Se a amostra parecer farinhenta, é argila (C).

**Teste do tato(*)**

(1) Friccionar amostra de solo seco sobre uma parte sensitiva da pele, tal como no pulso.
(2) Se sentir áspera e irritante, a amostra é silte(M).
(3) Se sentir macia e farinheta, a amostra é argila(C).

**Teste do corte(*)**

(1) Passar uma superfície macia, tal como lâmina de faca ou espátula, sobre amostra de solo levemente úmido.
(2) Se a superfície permanecer polida e mais lisa na textura, a amostra é uma argila de alta compressibilidade (CH).
(3) Se a superfície permanecer fosca, a amostra é uma argila de baixa compressibilidade (CL).

**Teste do odor (*)**

(1) Aquecer a amostra com mecha ou chama descoberta.
(2) Se o odor se tornar bolorento ou desagradável, há forte indício da presença de matéria orgânica.

**Teste do molde**

(1) Comprimir um punhado de solo úmido formando uma bola.
(2) Se fraccionar quando tocado - GW, SW, GP (ver Tab 8-3).
(3) Se resistir a cuidadosa manipulação - SM ou SC (ver Tab 8-3).
(4) Se puder ser manipulado livremente - ML ou MH (ver Tab 8-3).
(5) Se resistir a forte manipulação - CL ou CH (ver Tab 8-3).

**Teste de enfraquecimento**

(1) Colocar o solo ou a rocha ao sol para secar.
(2) Embeber em água por 24 horas.
(3) Repetir itens (1) e (2) acima várias vezes.
(4) Se o solo ou a rocha se desintegrar, é de material pobre.

**OBSERVAÇÃO** - Os testes assinalados por um asterisco (*) são executados com material menor que 1/32" (0,76 mm) de diâmetro.

**b. Caracteristicas de solos** - A tabela 8-3 fornece as características de solos pertinentes a estradas e campos de pouso.

**c. Determinação de campo da massa específica aparente** - O método utilizado é o de deslocamento da areia (Método do frasco de areia), assim chamado porque é usada uma porção de areia calibrada para determinar o volume do furo de que foi tirada a amostra.

(1) O volume da amostra deve ser no mínimo 1.616 $cm^3$ (0,05 $ft^3$).

(2) Quando for usado o método do deslocamento de areia, um duplo cone deve ser usado para permitir a calibragem da areia para cada operação de amostragem.

(3) O teor de areia úmida deve ser constante durante a execução do teste.

| NOME | IDENTIFICAÇÃO / DESCRIÇÃO | NOME | IDENTIFICAÇÃO / DESCRIÇÃO |
|---|---|---|---|
| PEDREGULHO | - Conjunto de partículas cujas dimensões estão compreendidas entre 76 mm (3") e 4,8 mm (Peneira 4).<br>- As partículas passam na peneira de 76 mm (3") e ficam retidas na peneira Nr 4 (4,8 mm ou 0,187 pol). | SILTE | - Repetir o teste, com variação do teor de umidade da amostra. Ao ser espremida a amostra entre os dedos, a água desaparecerá da superfície e a amostra rapidamente se tornará mais rija e, após rachar-se-á ou se desagregará. Fazer secar a amostra e testar sua coesão; desagregar a amostra entre os dedos e sentir sua aspereza no tato. O silte típico mostra-se com pequena ou nenhuma coesão e o tato tem somente pequena aspereza, em contraste com a maior aspereza da areia fina. |
| AREIA | - Conjunto de partículas cujas dimensões estão compreendidas entre 4,8 mm e 0,5 mm.<br><br>- É difícil distinguir areia fina de silte. A areia seca diferencia-se do silte por não apresentar nenhuma coesão e, ao tato, apresentar-se mais áspera. | ARGILA | - Conjunto de partículas muito finas, cujas dimensões são inferiores a 0,005 mm.<br><br>- Para identificar, trabalhar uma amostra entre os dedos, acrescentando água, se estiver muito rija. A amostra úmida é suficientemente plástica para ser moldada. Moldar a amostra em forma de uma bola; rolar entre a palma da mão e uma superfície plana; a argila pode ser rolada até transformar-se em um delgado cilindro de 3 mm de diâmetro, sem se romper. O silte romperá, antes de ser moldado em cilindro delgado.<br><br>- Medir a resistência da argila seca pela ação de quebrar um torrão com os dedos.<br><br>- É necessário uma força bem maior para quebrar um torrão de argila seca do que um de silte seco.<br><br>- Ao tato, a argila é macia, em comparação com a aspereza leve do silte. |
| SILTE | - Conjunto de partículas cujas dimensões estão compreendidas entre 0,05 e 0,005 mm.<br><br>- Não possui plasticidade e tem pequena resistência, quando seco. Para identificar, colocar uma porção de solo úmido na palma da mão e sacudí-la horizontalmente. Será identificado o silte se, na ação de sacudir, uma superfície brilhante aparecer unido à água que aflorar na superfície. | SOLOS ORGÂNICOS | - Solos formados por vegetação decomposta ou em decomposição; algumas vezes misturados com sedimentos minerais muito finos, como a turfa.<br><br>- Identificados pela aparência fibrosa e cheiro.<br><br>- O cheiro característico aumenta se o solo for aquecido.<br><br>- Solos plásticos, contendo matéria orgânica, podem ser rolados em cilindros moles e esponjosos. |

Tab 8-2. Principais tipos de solos

| Letra símbolo (SUCS) | | NOME | Valor como subleito sob esteira metálica de pouso ou como área não revestida | | Resistência à formação de poeira | | Compressibilidade e expansão | Características de drenagem | Equipamento de compactação | Massa específica aparente seca Kg/m3 | Índice de campo de pouso (Tab 10-3) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Úmido | Seco | Superfície firme | Superfície solta | | | | | |
| (1) | | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) |
| GW | | Pedregulhos e misturas de pedregulho e areia, mal graduados com pouco ou sem finos. | Excelente | Excelente | Excelente a bom | Excelente a bom | Quase nenhuma | Excelente | Trator de esteira, equipamento de pneu, rolo liso | 2.000 a 2.240 | 15+ |
| GP | | Pedregulhos e misturas de pedregulho e areia, mal graduados com pouco ou sem finos. | Muito bom | Excelente | Excelente a bom | Excelente a bom | Quase nenhuma | Excelente | Trator de esteira, equipamento de pneu, rolo liso | 1.780 a 2.240 | 15+ |
| GM | d | Pedregulhos e misturas de pedregulho e areia | Excelente | Muito bom | bom | Bom a regular | Muito pouca | Regular a má | Rolo pneumático, rolo pé-de-carneiro, controle apurado de umidade. | 2.000 a 2.320 | 15+ |
| | u | | Excelente | bom | bom | Bom a regular | Pouca | Má a praticamente impermeável | Rolo pneumático, rolo pé-de-carneiro | 1.840 a 2.160 | 15+ |
| GC | | Pedregulhos argilosos, misturas de pedregulho, areia e argila. | Excelente | bom | bom | Bom a regular | Pouca | Má a praticamente impermeável | Rolo pneumático, rolo pé-de-carneiro | 2.070 a 2.320 | 15+ |
| SW | | Areias e areia pedregulhosas, bem graduadas com poucos ou sem finos | Muito bom | Muito bom | bom | Bom a regular | Quase nenhuma | Excelente | Trator de esteira, rolo pneumático | 1.760 a 2.070 | 15+ |
| SP | | Areias e areia pedregulhosas, mal graduadas, com poucos ou sem finos. | bom | Muito bom | bom | Regular | Quase nenhuma | Excelente | Trator de esteira, rolo pneumático | 1.680 a 2.160 | 10 - 15 |
| SM | d | Areias siltosas, misturas de areia e silte. | Muito bom | bom | Regular | Regular a mau | Muito pouca | Regular a má | Rolo pneumático, rolo pé-de-carneiro | 1.920 a 2.160 | |
| | u | | Muito bom | Regular | Regular | Regular a mau | Muito pouca | Má a praticamente impermeável | Rolo pneumático, rolo pé-de-carneiro | 1.660 a 2.070 | 10 - 15 |

Tab 8-3. Características dos solos pertinentes a estradas e campo de pouso

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SC | Areias argilosas, misturas de areias e argila. | Muito bom | Regular | Regular | Regular a mau | Pouca a média | Má a praticamente impermeável | Rolo pneumático, rolo pé-de-carneiro | 1.600 a 2.160 | 7 - 15 |
| ML | Siltes inorgânicos e areias muito finas, pó de pedra, areias finas siltosas ou argilosas e siltes argilosos pouco plásticos. | Bom | Muito bom | Regular a mau | Mau | Pouca a média | Regular a má | Rolo pneumático, rolo pé-de-carneiro, controle apurado de umidade. | 1.440 a 2.070 | 13 ou menos |
| CL | Argilas inorgânicas de baixa a média plasticidade, argilas pedregulhosas, siltosas e magras. | Bom | Mau | Regular a mau | Mau | Média | Praticamente impermeável | Rolo pneumático, rolo pé-de-carneiro | 1.440 a 2.070 | 13 ou menos |
| OL | Siltes orgânicos, siltes e argilas orgânicas de baixa plasticidade. | Bom | Muito mau | Regular a mau | Mau | Média a alta | Alta | Rolo pneumático, rolo pé-de-carneiro | 1.440 a 2.070 | 7 ou menos |
| MH | Siltes inorgânicos, solos finos micáceos ou diatomáceos, sejam arenosos ou siltosos, siltes elásticos. | Bom | Muito mau | Bom a regular | Mau | Alta | Regular a má | Rolo pneumático, rolo pé-de-carneiro | 1.280 a 1.680 | 10 ou menos |
| CH | Argila inorgânica de alta plasticidade, argilas gordas. | Bom | Mau | Bom a regular | Mau | Alta | Praticamente impermeáveis | Rolo pneumático, rolo pé-de-carneiro | 1.440 a 1.840 | 13 ou menos |
| OH | Argilas inorgânicas de média e alta plasticidade, siltes orgânicos. | Bom | Muito mau | Bom a regular | Mau | Alta | Praticamente impermeáveis | Rolo pneumático, rolo pé-de-carneiro | 1.280 a 1.760 | 7 ou menos |
| PT | Turfas e outros solos altamente orgânicos. | Muito mau | Estremamente mau | Bom | Mau | Muito alta | Regular a má | Compactação impraticável | - | - |

Tab 8-3. Características dos solos pertinentes a estradas e campo de pouso (continuação)

## 8-7. TESTE DE IDENTIFICAÇÃO DE SOLOS NO "SUCS " - TESTE DE LABORATÓRIO

**a. Sequência para identificação dos solos** - Teste de laboratório

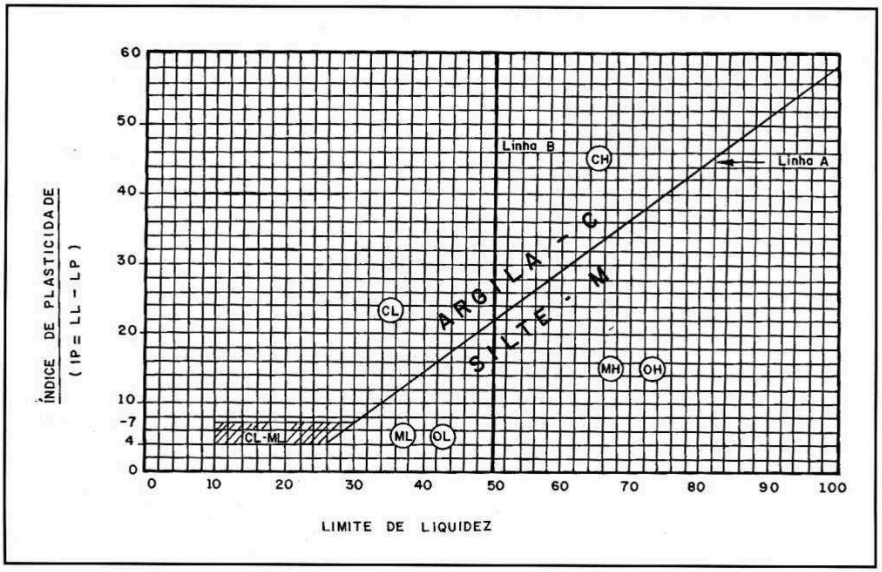



Fig 8-5. Índice de plasticidade e limite de liquidez

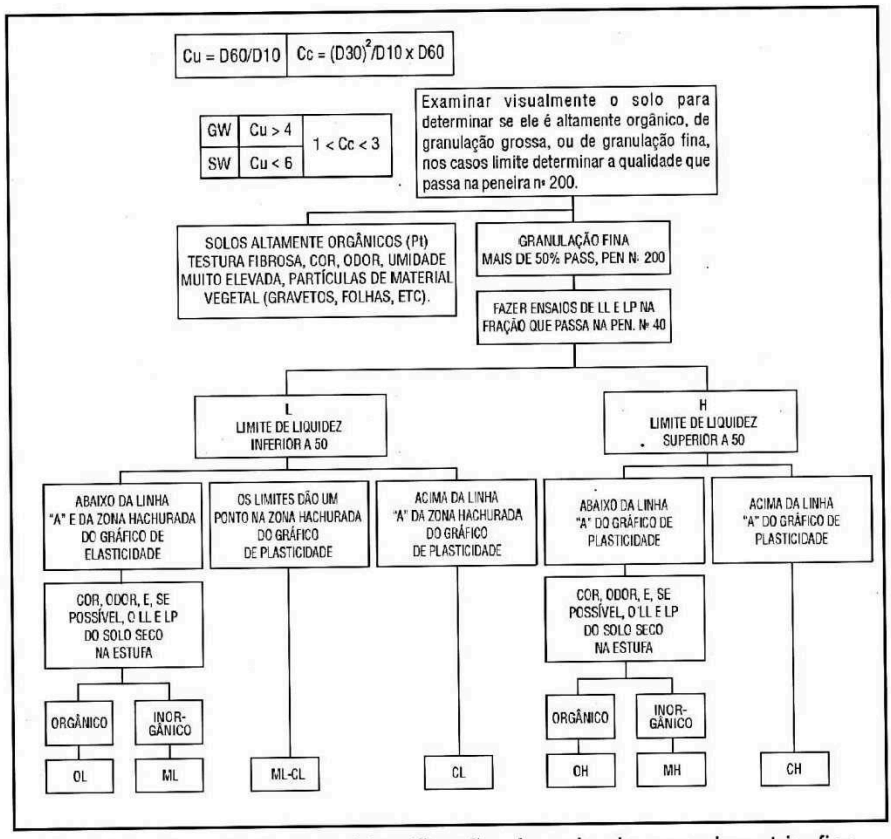



Fig 8-6a. Sequência para identificação do solo de granulometria fina

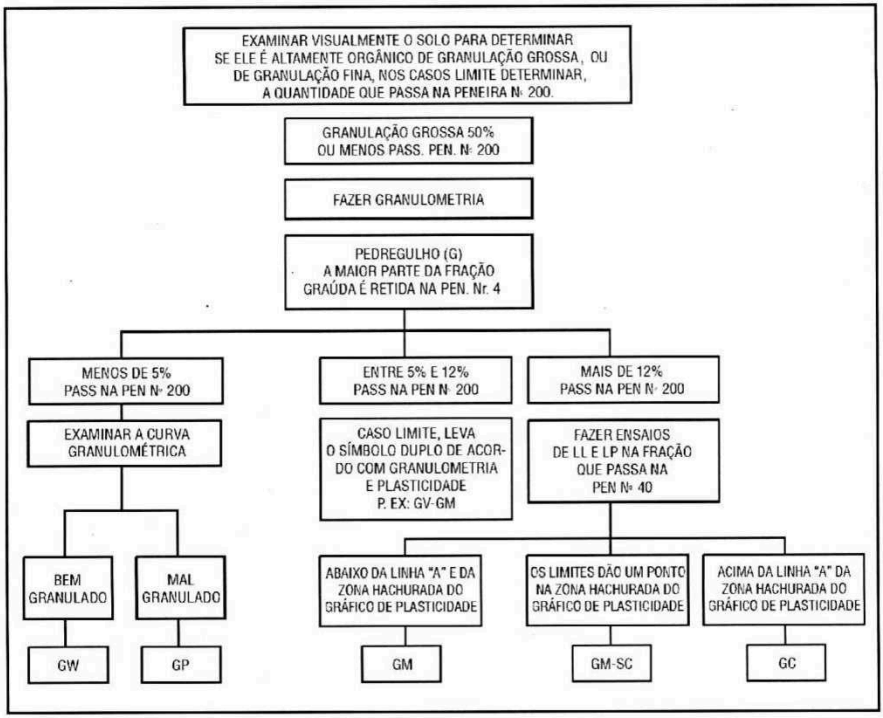



Fig 8-6b. Sequência para identificação do solo de granulometria grossa

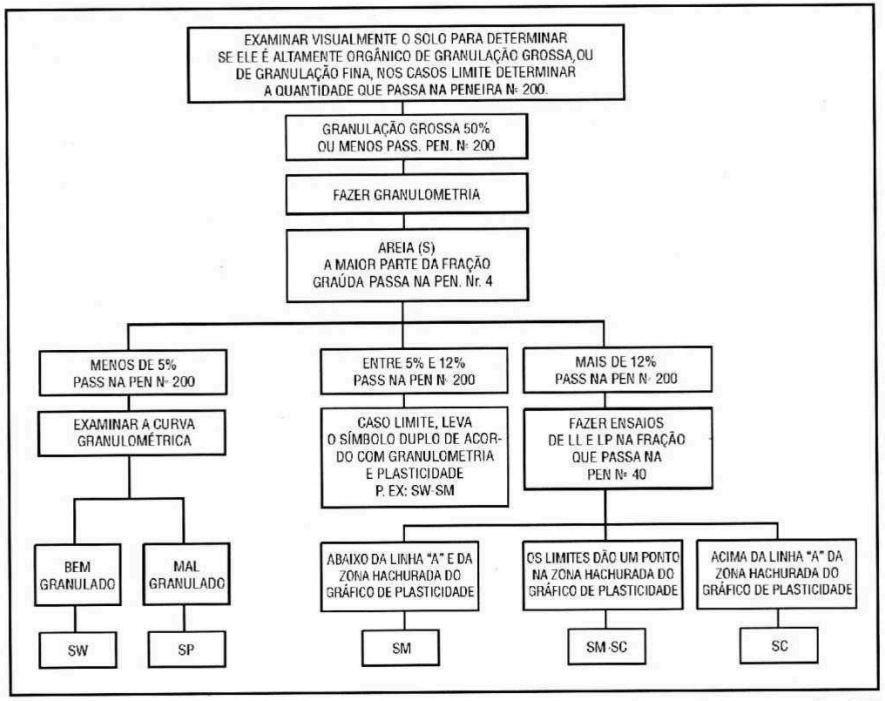



Fig 8-6c. Sequência para identificação do solo de granulometria grossa (areia)

**b. Exemplo Nr 1** - Classificar o solo da amostra apresentado, pelo sistema (SUCS).

Amostra Nr 10 - TESTE DE GRANULOMETRIA - a amostra foi peneirada e apresenta o seguinte resultado:

- diâmetro máximo de grão: 1"
- 90% passa pela peneira Nr 4
- 52% passa pela peneira Nr 200
- LP = 28 LL = 40
- Não orgânico (identificado pelo cheiro)

SOLUÇÃO:

- finos = 52% (passa na peneira Nr 200)
- 52% > 50% finos SOLO FINO
- LL = 40% < 50%
- Como se trata de solo não orgânico, a classificação poderá ser CL, ML ou CL-ML
- IP = 40 - 28 =12
- Gráfico de Plasticidade: IP = 12 e LL = 40 - abaixo da linha A
- trata-se de SILTE
- Classificação do solo: ML

## ARTIGO III

## DRENAGEM

8-8. DRENAGEM

Entende-se por drenagem o conjunto de elementos, uns de natureza superficial, outros subterrâneos, que tem por finalidade desviar a água, sob suas diversas formas, para fora da estrada.

**a. Superficial** - Garantida pelo abaulamento, pelas valetas e bueiros.

**b. Subterrânea** - Garantida por meio de drenos subterrâneos, de diversos tipos e isolados da penetração das águas da superfície.

8-9. MÉTODO RACIONAL DE CÁLCULO DA VAZÃO SUPERFICIAL

**a. Vazão**

(1) O método de calcular a vazão combina o bom senso do engenheiro com cálculos baseados em análise, medida ou estimativa. A vazão pode ser calculada pela fórmula:

onde: $Q = CIA/360$

Q = vazão de uma dada área, em metros cúbicos por segundo;

C = coeficiente que representa a proporção do escoamento para precipitação pluviométrica;

I = intensidade de chuva crítica, em mm/h. O Serviço de Meteorologia fornece o valor em mm/24h; para transformar em mm/h, basta multiplicar por 0,4.

Exemplo: 100 mm/24 h = 40 mm/h.

A = Área de drenagem, em hectares.

(2) O valor de "C" é deduzido de um estudo do solo, da declividade e das condições da superfície. Os valores usados mais comumente são mostrados na tabela 8-4. O valor de "I" é deduzido de um estudo de dados disponíveis de índices pluviométricos.

| TIPOS DE SUPERFÍCIES | FATOR C |
|---|---|
| Pavimentos de asfalto | 0,80 a 0,95 |
| Pavimentos de concreto | 0,70 a 0,90 |
| Pavimentos de cascalho ou macadame | 0,35 a 0,70 |
| Solos impermeáveis (*) | 0,40 a 0,65 |
| Solos impermeáveis (*) | 0,30 a 0,55 |
| Solos levemente permeáveis (*) | 0,15 a 0,40 |
| Solos permeáveis (*) | 0,01 a 0,10 |
| Áreas boscosas dependendo da declividade e do revestimento da superfície | 0,01 a 0,20 |
| **OBSERVAÇÃO** - Os valores dados são para terrenos relativamente planos. Para declividades maiores que 1 para 50 (2%) o fator deve ser acrescido de (S - 2) x 0,1 onde: "S" é a declividade média do terreno. | |

Tab 8-4. Fatores de escoamento superficial

**b. Projeto de valetas**

(1) Determinar a vazão (Q) da área que contribui para a valeta.

(2) Determinar a declividade (D) da valeta, utilizando cartas da região.

(3) Usando a tabela 8-5, selecionar um coeficiente de rugosidade (n) e uma velocidade máxima admissível (V max), para condições de solo em que a valeta vai ser construída.

(4) Determinar o tipo de valeta a ser construida (isto é, triangular assimétrica, triangular simétrica ou trapezoidal)

(5) Com base nos valores da declividade (D), coeficiente de rugosidade (n) e a velocidade (v max) determinar o raio hidráulico, usando o nomograma da figura 8-7.

(6) Calcular, usando "R" e o tipo de valeta selecionado, a profundidade "d" e a área "A".

| Revestimento da valeta: | | Coeficiente "n" | V max (m/seg) |
|---|---|---|---|
| Rochas<br>(1) Lisas e uniformes<br>(2) Ásperas e irregulares | | 0,035 - 0,040<br>0,040 - 0,045 | 6<br>4,5 - 5,4 |
| Solos<br>GW | | 0,022 - 0,024 | 1,80 - 2,10 |
| GP | | 0,023 - 0,026 | 2,10 - 2,40 |
| GM | d | 0,023 - 0,026 | 0,90 - 1,50 |
| | u | 0,022 - 0,024 | 0,60 - 1,20 |
| GC | | 0,024 - 0,026 | 1,50 - 2,10 |
| SW | | 0,020 - 0,024 | 0,30 - 0,60 |
| SP | | 0,022 - 0,024 | 0,30 - 0,60 |
| SM | d | 0,020 - 0,023 | 0,60 - 0,90 |
| | u | 0,021 - 0,023 | 0,60 - 0,90 |
| SC | | 0,023 - 0,025 | 0.90 - 1,20 |
| CL | | 0,022 - 0,024 | 0,60 - 0,90 |
| ML | | 0,023 - 0,025 | 0,90 - 1,20 |
| OL | | 0,022 - 0,024 | 0,60 - 0,90 |
| CH | | 0,022 - 0,023 | 0,60 - 0,90 |
| MH | | 0,023 - 0,024 | 0,90 - 1,50 |
| OH | | 0,022 - 0,024 | 0,60 - 0,90 |
| PT | | 0,022 - 0,025 | 0,60 - 0,90 |

Tab 8-5. Coeficiente de rugosidade "n" da fórmula de Manning e velocidade máxima admissível de fluxo em canais abertos

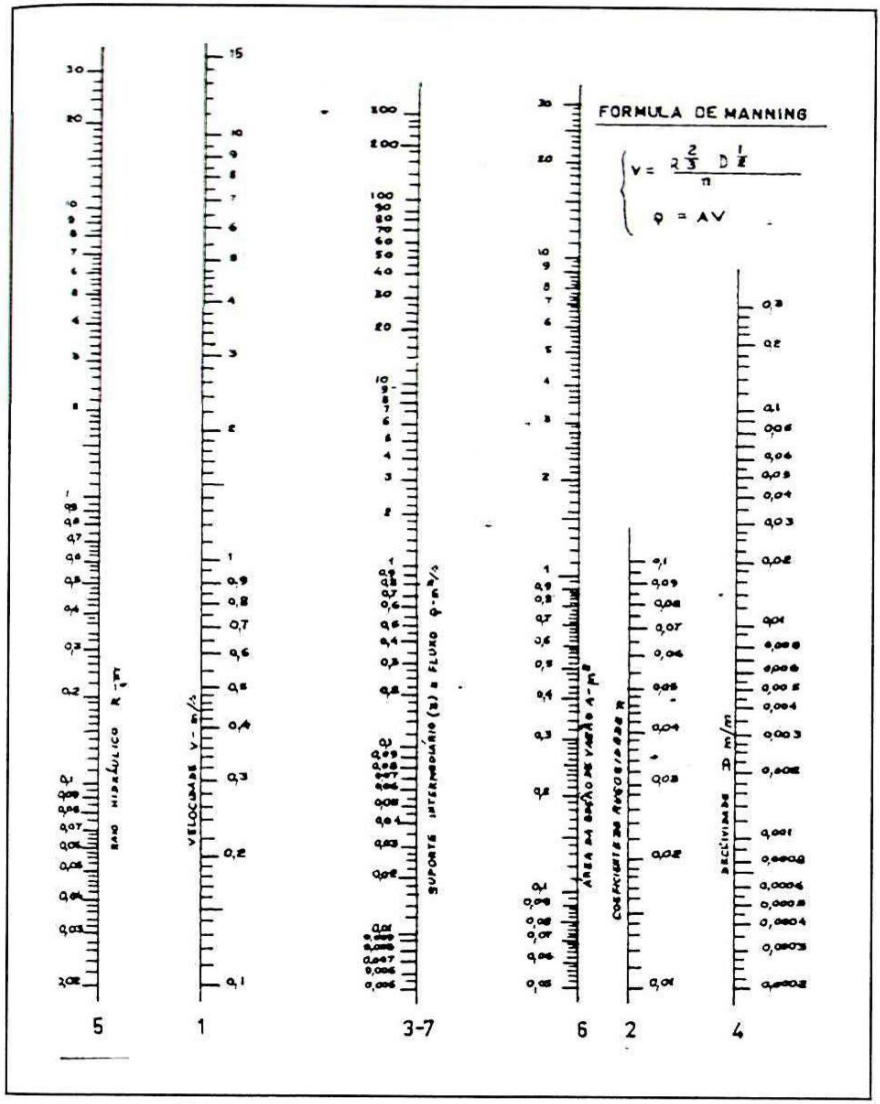



Fig 8-7. Nomograma para solução de Manning

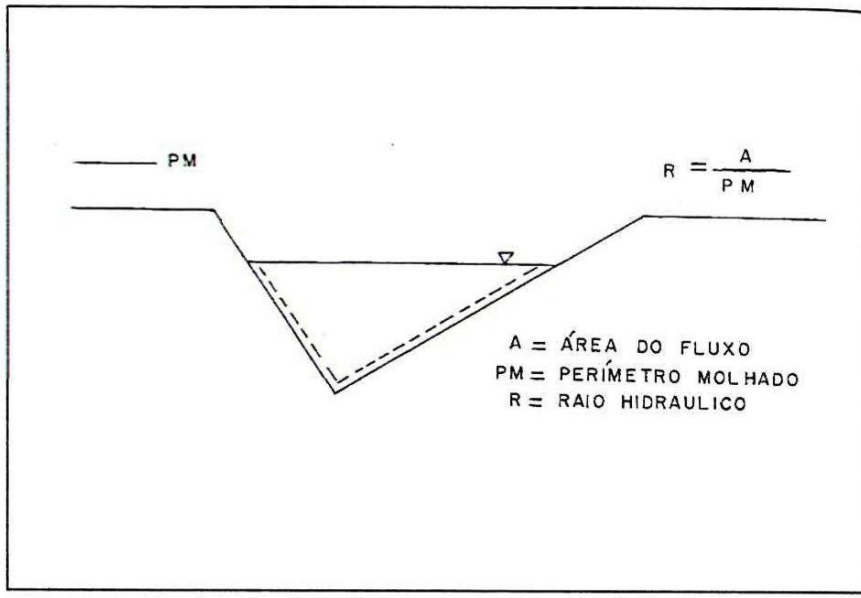



Fig 8-8. Valeta típica (triangular)

(7) Calcular Q1 = AV, onde "A" é a área determinada no item (6) e "V" é a velocidade de fluxo determinada em (3).

(a) Se Q1 for 5% maior ou menor que o determinado em (1), a valeta pode ser utilizada.

(b) Se Q1 for 5% maior que "Q", usar a mesma valeta mas com taludes mais íngremes, e repetir (6) e (7) acima. Se a velocidade escolhida for máxima para o solo, usar velocidade mais baixa e repetir (5), (6) e (7) acima.

(c) Se Q1 for mais de 5% menor que "Q" e a velocidade usada for máxima para o material da valeta, mudar a seção transversal da valeta tornando as declividades laterais menos acentuadas ou aumentando a largura do fundo, se trapezóidal.

(8) Como fator de segurança adicional, somar 15 cm à profundidade da valeta.

**c. Barragens nas valetas** - As barragens nas valetas são usadas em cortes de meia encosta e greides íngremes, quando são colocadas em valetas laterais para diminuir a velocidade da água e evitar a erosão da estrada. As barragens nas valetas são usadas quando o greide da valeta exceder 5% ou onde a erosão for problema. São feitas de madeira, sacos de areia, concreto, rocha ou materiais similares. A figura 8-9 mostra o método de calcular o intervalo entre as barragens nas valetas.

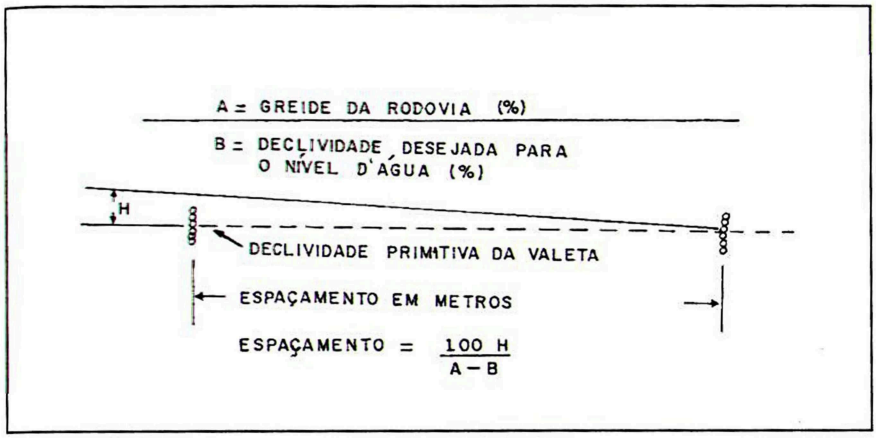



Fig 8-9. Método de calcular o espaçamento entre as barragens

**d. Bueiros**

(1) Os bueiros são colocados sempre que são necessários para atravessar estradas, prover alívio a valetas e dar continuidade a valetas laterais nas interseções de estradas e acessos.

(2) Área da seção transversal.

(a) A fórmula de Talbolt pode ser usada como um método aproximado de computar a área de seção transversal de um projetado. Esta fórmula é:

$$A = 0{,}183\ C\ D^{3/4}$$

A = área da seção tranversal do bueiro, em $mm^2$

C = coeficiente que depende das características do terreno (tabela 9-3) (coeficiente de defluvio);

D = área de drenagem, em hectares.

**Observação:**
1 = rampas abruptas
2/3 = rampas suaves
1/2 = bacias largas
1/3 = bacias compridas
1/5 = bacia em nível

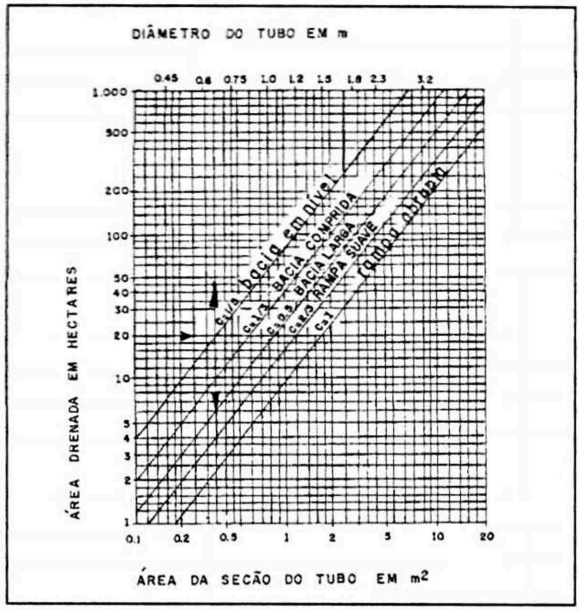



Fig 8-10. Nomograma de Talbot

(b) Cálculo expedito da área do bueiro

L1 = Largura do canal na marca da maior cheia
L2 = Largura do canal no fundo
H = Distância vertical do fundo à marca da maior cheia

$$\frac{L1 + L2}{2} = H = \text{área da seção do canal}$$

Área da seção transversal do bueiro = 2 vezes a área da seção do canal

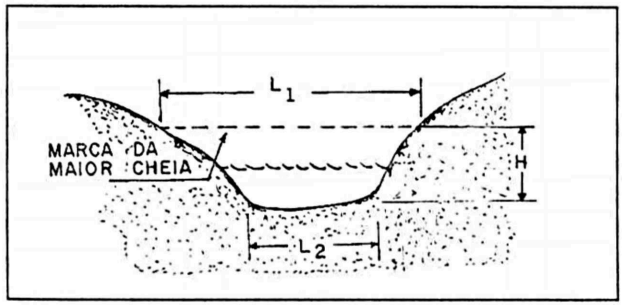



Fig 8-11. Cálculo expedito de bueiro

(3) Alinhamento - Os bueiros são colocados nos canais de drenagem natural, a menos que tal instalação exija um bueiro inusitadamente comprido, ou produza um cotovelo agudo no canal do lado de montante. Onde não forem encontrados velhos canais de drenagem, os bueiros devem ser instalados em ângulo reto com o eixo da estrada. Os bueiros que aliviam valetas devem ser instalados formando um ângulo de 60º com o eixo da estrada. Fig 8-12.

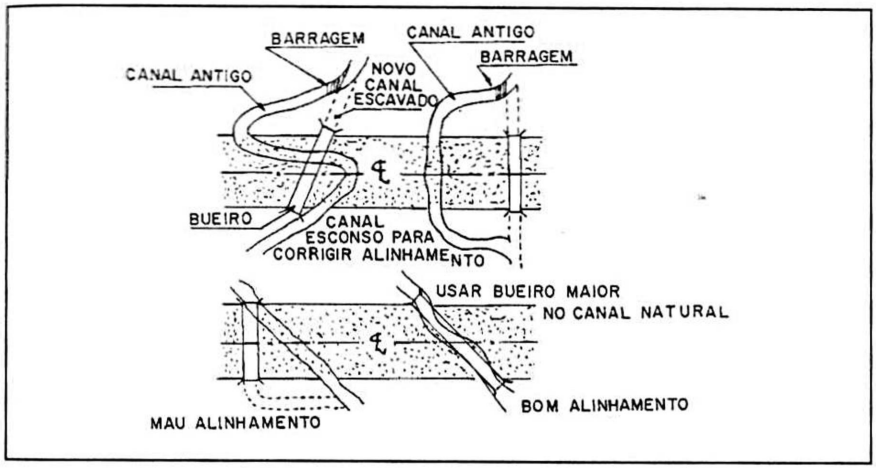



Fig 8-12. Alinhamento de bueiros

(4) Comprimento - Normalmente os bueiros devem ser suficientemente compridos para se prologarem através dos aterros até o ponto onde o talude do aterro encontra o chão. Para minizar a erosão na extremidade de jusante, os bueiros devem ser 0,30 m a 0,60 m mais compridos do que o limite teórico, com o comprimento adicionado na extremidade de descarga (Fig 8-13).

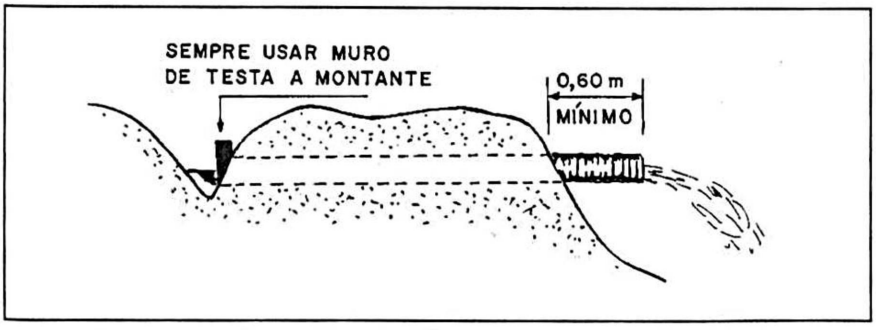



Fig 8-13. Bueiro prolongado além do aterro para evitar erosão

(5) Cota - A base do bueiro, na sua entrada, é colocada, normalmente, na cota do fundo do talvegue; pode ficar abaixo, mas nunca acima. Na extremidade de saída, a base do bueiro deve estar, também, na cota de fundo do talvegue.

(6) Declividade - Os bueiros são normalmente construídos com a mesma declividade dos canais de drenagem naturais e artificiais que descarregam neles. É desejável usar declividade de 2 a 4%, sendo 0,5% o mínimo absoluto.

(7) Fundação - A fundação é sempre formada para assentar no mínimo 1/10 do diâmetro externo do tubo. Berços ou sapatas podem ser usados, se o solo não proporcionar suporte apropriado (Fig 8-14).

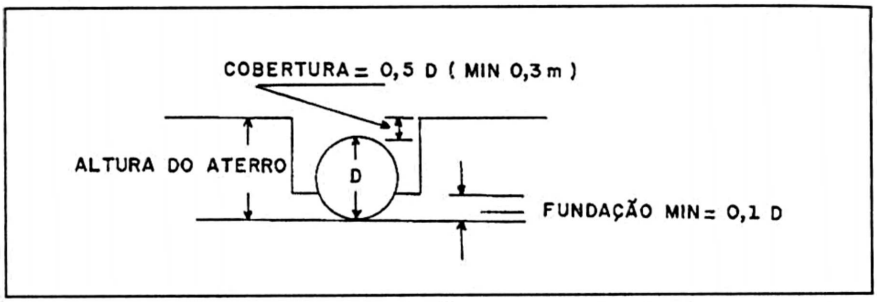



Fig 8-14. Fundação e cobertura de bueiro

(8) Escoramento - A figura 8-15 mostra um esquema de escoramento para alongar as dimensões verticais dos maiores tamanhos de tubos corrugados de bueiro antes do reaterro.

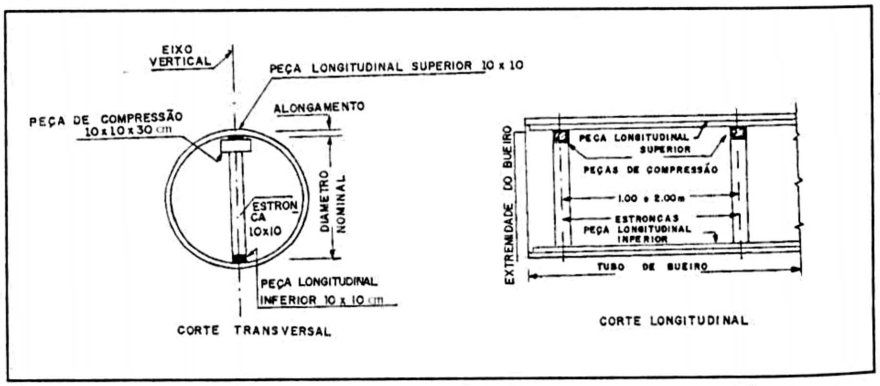



Fig 8-15. Esquema de escoramento mostrando cortes transversal e longitudinal de bueiro de tubo corrugado

(9) Resistência - Os bueiros devem ser suficientemente resistentes para suportar o peso do aterro sobre ele mais o peso da carga móvel que passa pela estrada. Ver a tabela 8-6 para bitolas recomendadas para tubo metálico corrugado encaixável.

| Diâmetro (m) | Área da seção transversal (m 2) | Altura do aterro (m) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Até 2,40 | Até 4,80 | 6,00 | 7,50 | 9,00 | 10,50 | 12,00 |
| 0,20 | 0,03 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 0,25 | 0,05 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 0,30 | 0,07 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 0,38 | 0,11 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 0,45 | 0,16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 0,52 | 0,22 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 0,60 | 0,29 | 16 | 16 | 16 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| 0,75 | 0,46 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 12 | 12 |
| 0,90 | 0,66 | 14 | 14 | 14 | 12 | 12 | 12 | 10 |
| 1,05 | 0,89 | 14 | 14 | 12 | 10 | 10 | 10 | 8 |
| 1,20 | 1,17 | 12 | 12 | 12 | 10 | 8 | 8 | 8 |
| 1,35 | 1,47 | 12 | 12 | 10 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 1,50 | 1,82 | 12 | 10 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 1,65 | 2,21 | 10 | 10 | 8 | 8 | 8 | 8 | |
| 1,80 | 2,63 | 10 | 10 | 8 | 8 | 8 | | |
| 1,95 | 3,08 | 8 | 8 | 8 | 8 | | | |
| 2,10 | 3,58 | 8 | 8 | 8 | 8 | | | |

Deve ser projetado para estas alturas de aterro e outras acima de 12,00 m

**OBSERVAÇÃO** - Os bueiros abaixo da linha cheia devem ser escorados durante a instalação. Ver figura 8-16.

Tab 8-6. Bitolas de chapas recomendadas para tubo metálico corrugado encaixável

(10) Cobertura - A cobertura mínima para bueiros em estradas é a metade do diâmetro do tubo ou 30 cm, prevalecendo o maior valor.

(11) Muros de testa e alas - São construidos para evitar ou diminuir o efeito da erosão, guiar a água para dentro do bueiro, reduzir a infiltração e manter o bueiro no lugar. Os muros de testa normalmente podem ser omitidos na extremidade de saída. Os muros de testa não devem salientar-se acima do nível do acostamento e devem-se alongar 0,60 metros para fora do acostamento. Se não forem usados muros de teste e alas, o bueiro deverá estender-se no mínimo 0,60 m além do pé do aterro. Ver figuras 8-16 a 8-18.

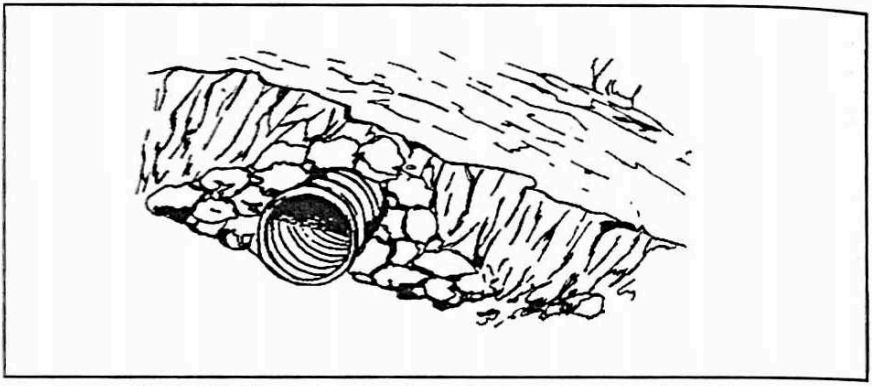


Fig 8-16. Enrocamento de pedras como muro de testa

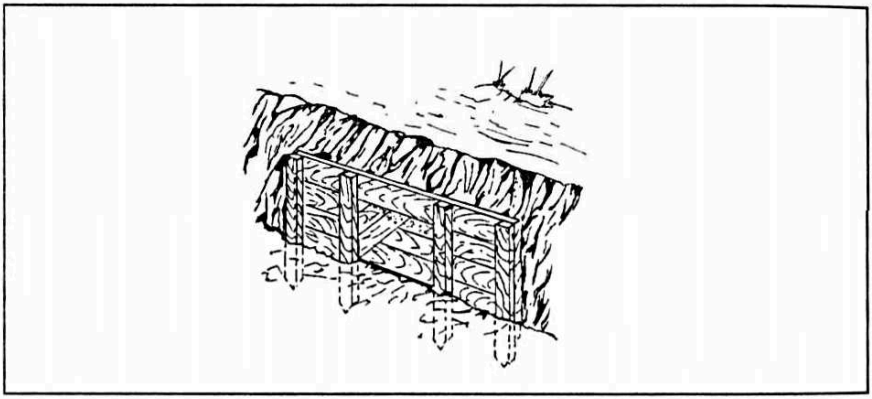


Fig 8-17. Muro de testa de pranchões

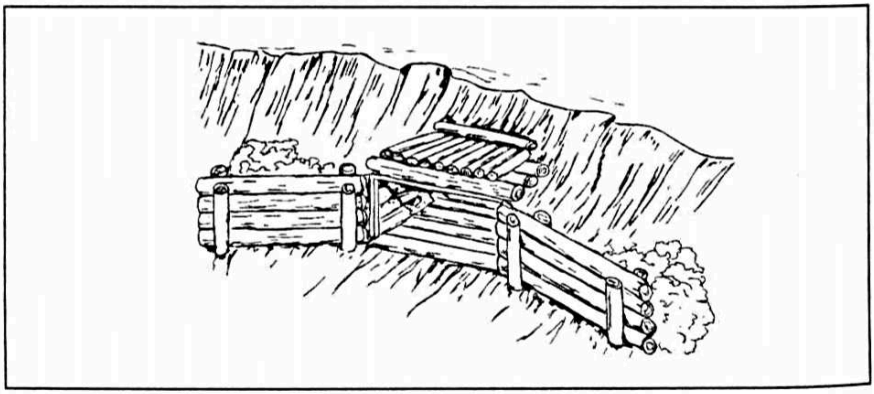


Fig 8-18. Muro de testa e alas de troncos

(12) Espaçamento - Os bueiros devem ser localizados sempre que os canais de drenagem natural sejam bastante grandes para exigir drenagem transversal. Para greides de 8%, os bueiros que drenam as águas das valetas devem ser colocados a intervalos de 90 m; para greides de 5%, a intervalos de 150 m (Fig 8-19). O espaçamento entre os tubos de bueiros múltiplos é no mínimo a metade do diâmetro do tubo (Fig 8-20).

(13) Tipos - Vários tipos de bueiros são mostrados nas figuras 8-21 a 8-24.

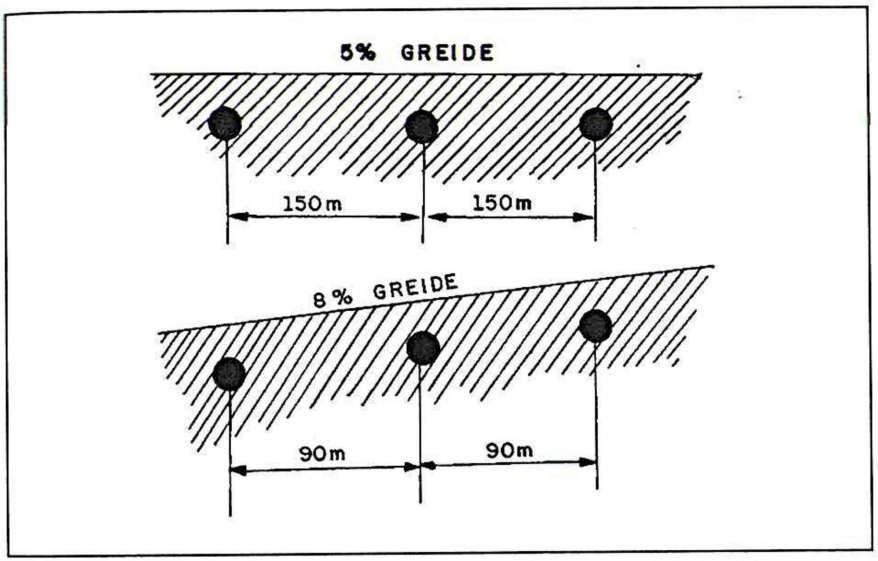



Fig 8-19. Espaçamento de bueiros

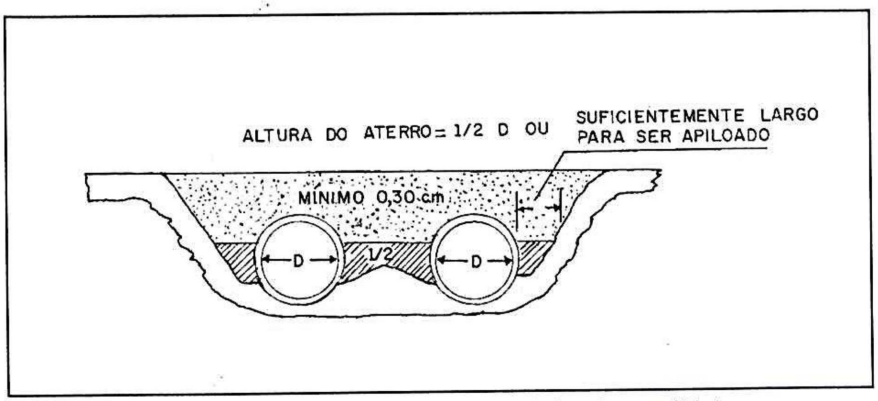



Fig 8-20. Espaçamento de tubos de bueiros múltiplo

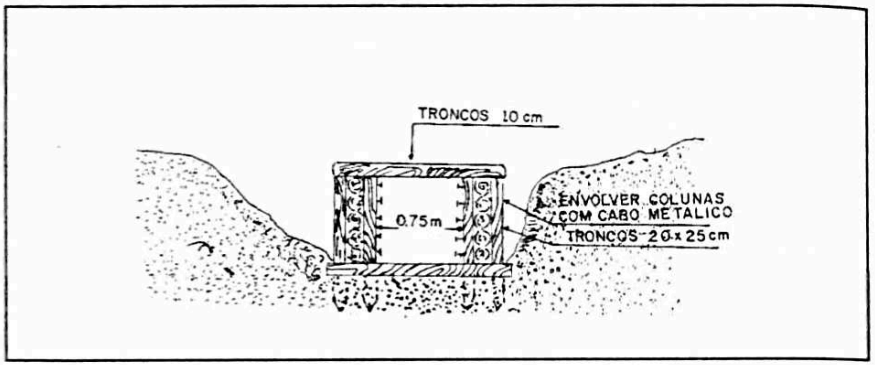



Fig 8-21. Bueiros de troncos, com 0,75 m

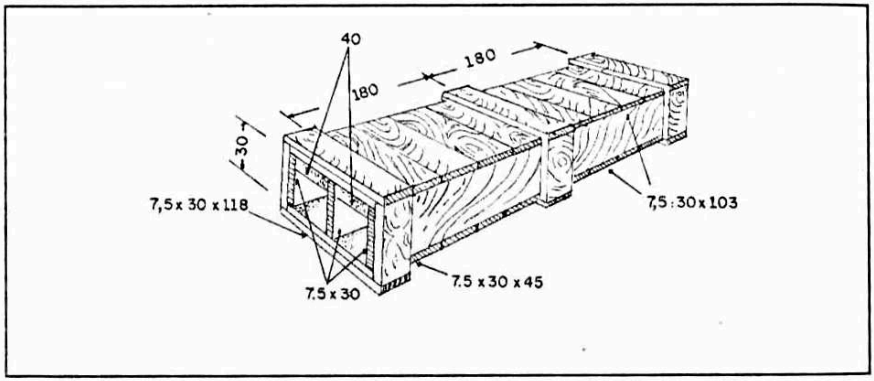



Fig 8-22. Bueiros de madeira de 2 bocas de 40x30 cm cada uma

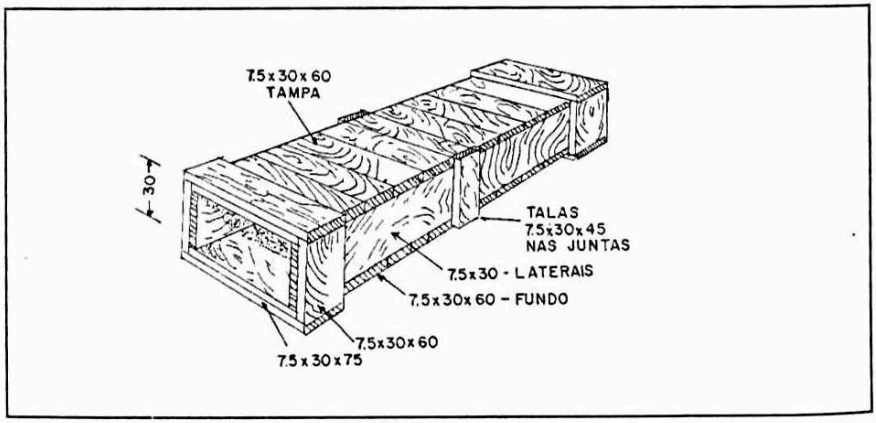



Fig 8-23. Bueiro de madeira de 45x30 cm

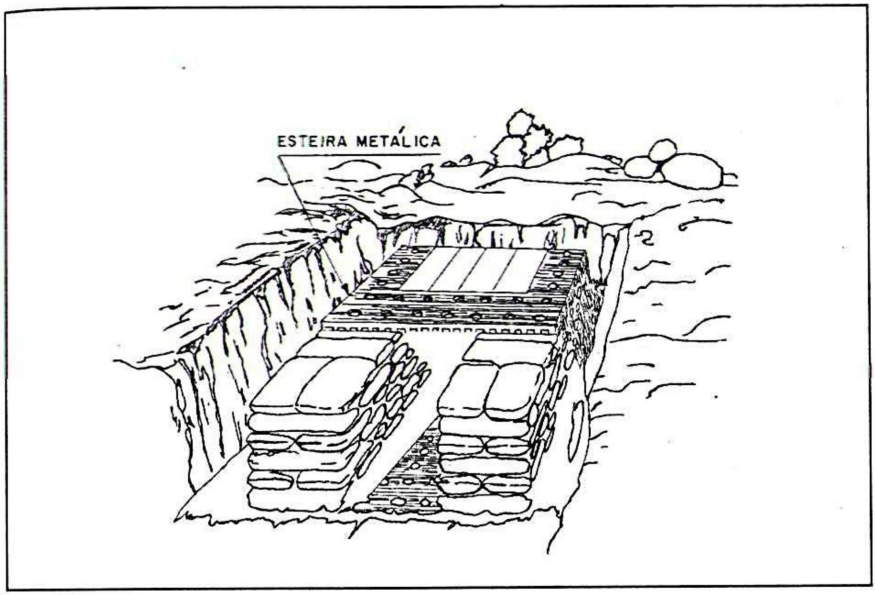



Fig 8-24a. Bueiros de circunstância

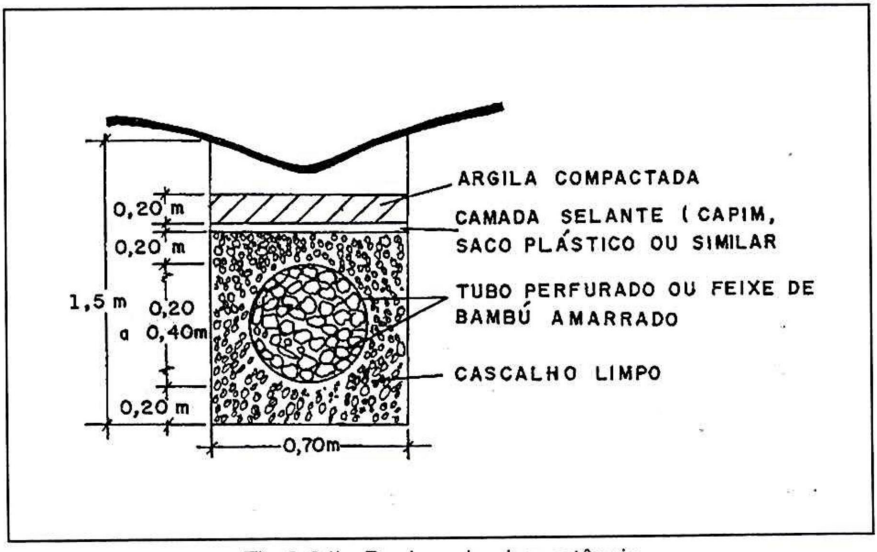



Fig 8-24b. Bueiros de circunstância

## 8-10. DEFEITOS EM DRENAGEM

| LOCAL / TIPO | CAUSAS | CORREÇÃO | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Z Aç Bda | Z Aç DE | Z Aç Ex Cmp |
| Bueiros | - Obstrução<br>- Diâmetro do tubo insuficiente<br>- Erosão nas saias do aterro<br>- Desalinhamento | - Desobstruir | - Recompletar aterro | - Substituir todo o bueiro<br>- Substituir o tubo |
| Drenos profundos | - Obstrução das 2 bocas de saída<br>- Obturação do tubo com elevação do lençol freático | - | - Desobstrução das bocas | - Refazer o dreno |
| Sarjetas (banquetas) e meio-fios | - Obstrução<br>- Quebra | - | - Desobstrução | - Refazer partes danificadas |
| Valetas Laterais | - Obstrução<br>- Deformação | - Valetear c/MN e complemento manual | - Valetear c/MN em complemento ao Sv da E Bda | - Manter o serviço da ED |
| Nas descidas de água | - Quebra por erosão dos taludes<br>- Queda de barreiras ou aterro | - Desobstruir a estrada | - Direcionar a água que cai no leito | - Refazer canaletas de descida d'água após a reparação dos taludes |
| Nas valetas de proteção de corte e aterro | - Erosão<br>- Obstrução | - | - | - Colocar dissipadores de energia<br>- Desobstrução com TE |

Tab 8-7. Defeitos em drenagem e correções

## ARTIGO IV

## PAVIMENTOS

## 8-11. PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

A figura 8-25 mostra uma estrutura típica de pavimento flexível. Nem todas as camadas que aparecem na figura 8-25 estão presentes em toda a estrutura de um pavimento flexível.

**NOTA:**

1. A PALAVRA "ESTRUTURA" É FREQUENTEMENTE DENOMINADA DA FRASE "ESTRUTURA DE PAVIMENTO FLEXÍVEL". TAMBÉM A PALAVRA "CAMADA" É FREQUENTEMENTE DENOMINADA DE "BINDER", CAMADA DE BASE, CAMADA DE SUB-BASE E CAMADA DE NIVELAMENTO.

2. O LIMITE ENTRE SUBLEITO E SUBSOLO É INDEFINIDO

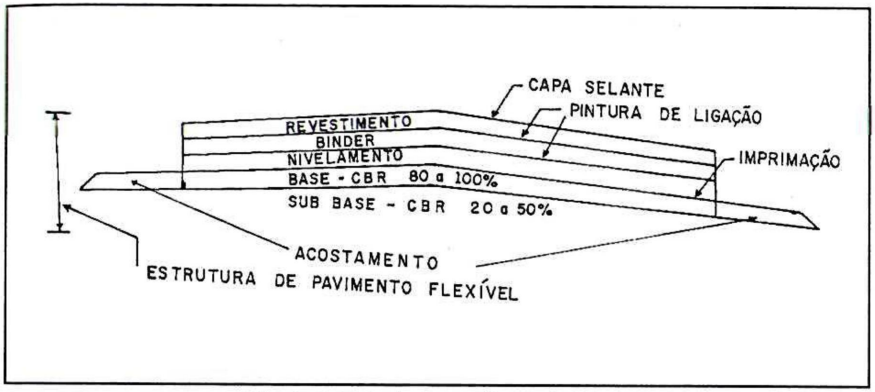



Fig 8-25. Pavimento flexível típico

8-12. TIPOS DE REVESTIMENTOS

**a. Estradas de materiais processados** - Materiais processados são preparados pela britagem e peneiramento de rocha, pedregulho e escória. Devem alcançar as exigências de graduação previstas na tabela 8-8.

| PENEIRA | Percentagem que passa, em peso |
|---|---|
| 3/4" | 100 |
| NR 4 | 70 - 100 |
| NR 10 | 35 - 80 |
| NR 40 | 25 - 50 |
| NR 200 | 8 - 25 |

Tab 8-8. Exigências de granulometria para materiais processados de fina graduação

| PENEIRA | Percentagem que passa, em peso |
|---|---|
| 1" | 100 |
| 3/4" | 85 - 100 |
| 3/8" | 65 - 100 |
| Nr 4 | 55 - 85 |
| Nr 10 | 40 - 70 |
| Nr 40 | 25 - 45 |
| Nr 200 | 0 - 10 |

Tab 8-9. Exigências de granulometria para revestimento composto com cascalho.

**b. Estradas encascalhadas** - As estradas encascalhadas são compostas de uma camada compactada de solo encascalhado bem graúdo. Cascalhos de rio normalmente exigem a adição de solo "binder". A capacidade de estradas encascalhadas suportarem e manterem tráfego pesado depende da rigidez e dureza do cascalho, da coesividade da argila de ligação, da espessura da camada e da estabilidade do subleito. Estes revestimentos formam excelente base para posteriores pavimentos.

**c. Estradas de terra** - As estradas de terra consistem de solos naturais de grãos finos, graduados e drenados para formar uma superfície capaz de suportar tráfego. Seu uso é limitado a tempo seco e tráfego leve. Em áreas de combate, estas estradas são usadas onde a necessidade pede rapidez de construção com equipamento e pessoal limitados.

**d. Tratamento primário** - O tratamento primário consiste em procedimentos técnicos voltados à melhoria das condições de rolamento e aderência da estrada de terra.

(1) Revestimento primário

(a) O revestimento primário constitui-se em uma camada colocada sobre o reforço do subleito ou diretamente sobre o subleito. Esta camada é obtida pela compactação de uma mistura (natural ou preparada) de material argiloso com material granular. A espessura desta camada deve levar em conta a quantidade e tipo de tráfego do local e as condições de suporte do subleito, variando geralmente entre 10 cm e 20 cm.

(b) O objetivo da adição de argila no material granular é o de atuar como ligante e regularizar a superfície final de rolamento. Normalmente, o material argiloso deve representar 20% a 30% da mistura total.

(c) O objetivo do uso do material granular é aumentar o atrito da pista com as rodas dos veículos. A dimensão máxima ideal do material granular é de 2,0 cm.

(d) Na natureza há jazidas que podem ser utilizadas diretamente para a execução do revestimento primário, pois são compostas de uma mistura já em proporções satisfatórias de granulares e argila. É o caso das cascalheiras de cava.

(e) No entanto, é mais comum aparecer a necessidade de se proceder a uma mistura adequada, uma vez que a maior parte das jazidas de materiais granulares é pobre em argila, como é o caso de cascalhos e pedregulhos de rio e saibros grosseiros de rochas alteradas.

(2) Agulhamento

(a) O agulhamento consiste na operação de cravação, por compactação, de material granular grosseiro diretamente no subleito, se este for argiloso, ou sobre uma camada argilosa colocada sobre o subleito.

(b) O agulhamento tem um resultado técnico em termos de

durabilidade e desempenho inferior ao revestimento primário, sendo indicado portanto para situações onde a execução do revestimento primário se mostre problemática ou muito custosa, ou para estradas de terra de menor porte e baixo volume de tráfego.

(c) Os materiais granulares mais indicados para o agulhamento são os pedregulhos limpos, cascalhos e piçarras existentes com dimensão superior a 2,5 cm.

(d) Execução:

1) regularização da pista
2) escarificação do subleito ou lançamento de camada de argila
3) lançamento e espalhamento do material granular
4) revolvimento conjunto dos materiais
5) umedecimento ou secagem, quando necessário
6) compactação

(3) Mistura de areia e argila - Esta mistura é utilizada principalmente quando o subleito é arenoso provocando frequentemente o problema do "areião" (camada de areia que se forma na superfície da estrada e que quando seca dificulta o tráfego). Neste caso a adição de 30% de argila propicia a formação de uma camada de boa qualidade como pista de rolamento.

**e. Superfície de solo estabilizado**

(1) Compactação - Equipamentos de compactação para os diferentes tipos de solos são indicados na tabela 10-1 e 10-10.

(2) Estabilização química - A tabela 8-10 fornece um resumo de estabilizadores de solo usados para aumentar a sua resistência.

**f. Revestimentos portáteis** - Durante as operações no campo, é frequentemente necessário fazer uso temporário de redes metálicas, esteiras metálicas, esteiras de madeira e outros tipos de pistas. Estes materiais são rapidamente transportados e lançados sobre lama, pântanos, praias ou outros solos não estáveis.

| (1) Material | (2) Forma do material | (3) Classificação de solo aplicável | (4) Quantidades calculadas (%) (*) | (5) Tempo mínimo de cura |
|---|---|---|---|---|
| Cimento Portland | Pó | Pedregulhos<br>Areias<br>Siltes e siltes argilosos<br>Argilas | 3 - 4<br>3 - 5<br>4 - 6<br>6 - 8 | 24 horas |
| Cal:<br>1. Hidratada | Pó | Cascalhos argilosos<br>Argilas siltosas<br>Argilas | 2 - 4<br>5 - 10<br>6 - 8 | 7 dias |
| 2. Virgem | Pó | Cascalhos argilosos<br>Argilas siltosas<br>Argilas | 2 - 3<br>3 - 8<br>3 - 6 | 4 horas |
| Material betuminoso<br>1. "Asfáltos Diluídos"<br>a. RC-70 a RC-800 | Líquido | Areias<br>Areias siltosas<br>Areias argilosas | 5 - 7(**)<br>6 - 10<br>6 - 10 | 1 - 3 dias |
| b. MC-70 a MC-800 | Líquido | Areias<br>Areias siltosas<br>Areias argilosas | 5 - 7<br>6 - 10<br>6 - 10 | 1 - 3 dias |
| 2. Emulsões asfálticas | Líquido | Areias<br>Areias siltosas<br>Areias argilosas | 5 - 7<br>6 - 10<br>6 - 10 | 1 - 3 dias |

Tab 8-10. Resumo de estabilizadores de solo usados para aumento de resistência

## 8-13. MATERIAL BETUMINOSO

**a. Identificação de campo de material betuminoso** - Recorrer à figura 8-26 para identificação de campo de material betuminoso.

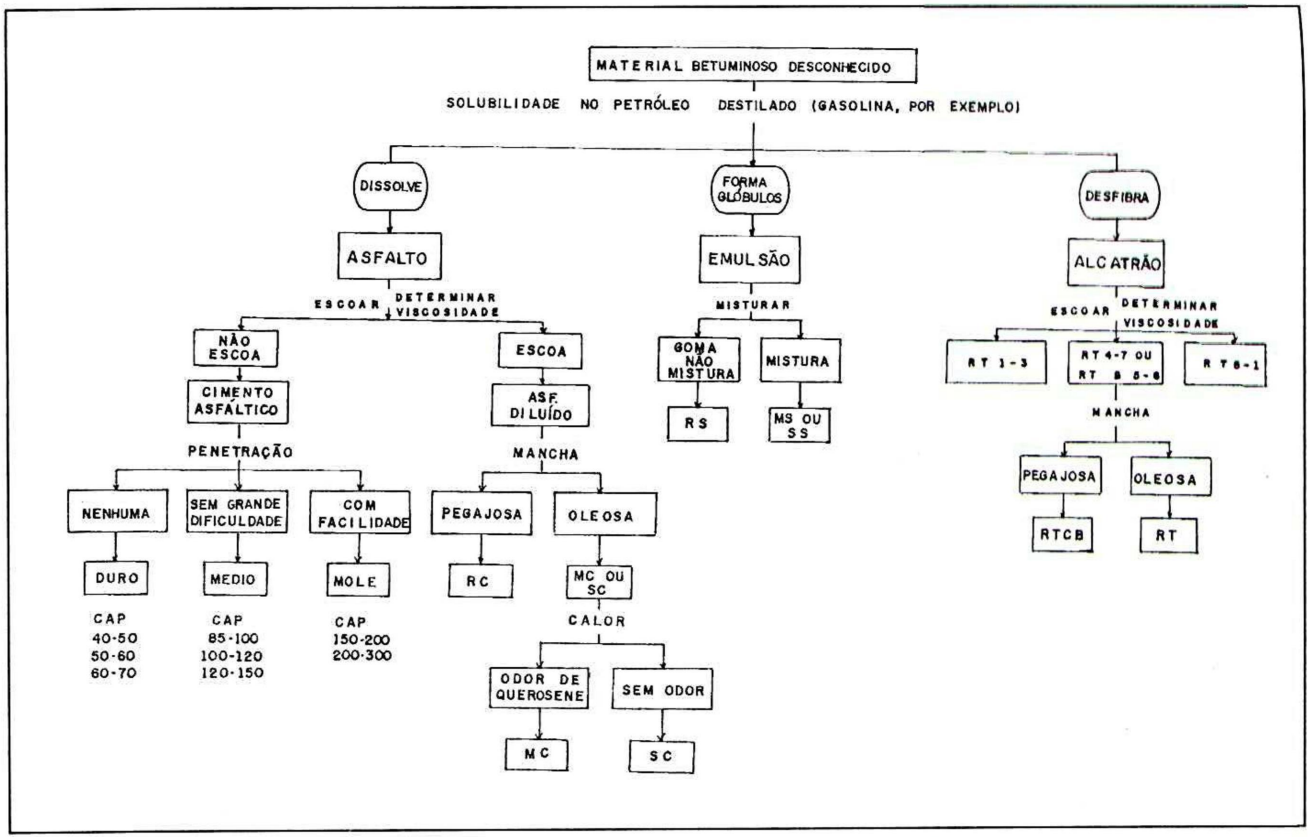



Fig 8-26. Identificação de campo de material betuminoso

**b. Obtenção de asfalto diluídos ("Cut back")** - Recorrer à tabela 8-11 para composição de asfalto diluído.

| TIPO | COMPONENTES | SOLVENTE | GRAUS | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 30 | 70 | 250 | 800 | 3.000 |
| Cura rápida RC | Cimento asfáltico | | | 65 | 75 | 83 | 87 |
| | | Gasolina ou Nafta | | 35 | 25 | 17 | 13 |
| Cura média MC | Cimento asfáltico | | 54 | 64 | 74 | 82 | 86 |
| | | Querosene | 46 | 36 | 26 | 18 | 14 |
| Cura lenta SC | Cimento asfáltico | | | 50 | 60 | 70 | 80 |
| | | Óleo Combustivel | | 50 | 40 | 30 | 20 |

Tab 8-11. Asfalto diluídos ("Cut back") - composição em percentagem de volume total

## 8-14. TRATAMENTO SUPERFICIAL COM CAPA SELANTE

**a. Tratamento superficial**

(1) O tratamento superficial duplo com capa selante é constituido de três aplicações de ligante tipo emulsão ou cimento asfáltico sobre agregados, por penetração direta, na pavimentação flexível.

(2) Agregado mineral

(a) Pode ser pedra britada, cascalho ou seixo rolado britado;

(b) Constituído de partículas limpas, duras, duráveis, isento de fragmentos moles ou em decomposição;

(c) Isento de matéria orgânica, argila ou outras substâncias nocivas;

(d) A porcentagem de partículas lamelares não deve exceder a 15%;

(e) A granulometria, as quantidades de agregado é de material betuminoso, devem estar de acordo com o definido na Tab 8-13.

(3) Execução do tratamento superficial (TSS - TSD)

| | |
|---|---|
| SEQUÊNCIA | (a) Não executar os serviços em períodos chuvosos, ou quando a temperatura ambiente for inferior a 10º C; |
| | (b) Antes do início da execução do tratamento deverá ser efetuada a limpeza total da pista, com vassouras e/ou jato de ar comprimido, de maneira a obter uma superfície livre de pó ou qualquer outro material estranho; |
| | (c) Sobre a base limpa e imprimada será efetuada a distribuição 1ª camada de agregados, na taxa especificada (Tab 8-13), efetuando-se eventuais correções de distribuição, de modo a evitar sobreposições ou falta de agregados em áreas localizadas. Em seguida, proceder-se-á a rolagem da camada, utilizando-se unicamente rolo pneumático, com número de coberturas suficientes para proporcionar perfeita acomodação do agregado; |
| | (d) Aplicar a 1ª camada de emulsão RR-2C, de modo uniforme, na taxa especificada (Tab 8-13) e na temperatura conveniente. Imediatamente após, proceder-se-á a distribuição do agregado correspondente à 2ª camada, com as mesmas recomendações e cuidados adotados para a 1ª camada; |
| | (e) A rolagem dessa camada será feita inicialmente com rolo pneumático, complementada ou não por passadas de rolo Tandem liso, de modo a resultar perfeita acomadação dos agregados e entrosamento com a camada subjacente; |
| | (f) Será, então, efetuada a 2ª camada de emulsão RR-2C, com a mesma recomendação da 1ª camada. Em seguida, será efetuada a distribuição do agregado, correspondente à capa selante com as mesmas recomendações e cuidados estipulados para as camadas anteriores, seguindo-se a compressão de maneira análoga ao indicado para a camada precedente; |
| | (g) A compressão do agregado iniciar-se-á pelas bordas, procedendo-se com repasse na largura da metade do rolo. Nas curvas com superelevação, a compressão terá início na borda interna prosseguindo em direção à borda externa; |
| | (h) Evitar coincidência entre as juntas transversais de duas camadas sucessivas, devendo-se cuidar para que haja defasagem de pelo menos 2 metros entre elas. Para evitar sobreposição do ligante, nas juntas transversais, colocar sobre a superfície da camada anterior, uma faixa de papel com largura mínima de 0,80 metros. |

Tab 8-12. Seqüência de execução do TSS/TSD

(4) Na rolagem da 3ª camada de agregados (capa selante), é livre o uso ou não do rolo Tandem liso (depende da quantidade de finos na capa);

(5) A molhagem do agregado, antes da aplicação do ligante, tem-se mostrado conveniente.

(6) A abertura do tráfego poderá ocorrer após o término de todas as operações construtivas, com a velocidade dos veículos, nas primeiras 24 horas, limitada a 40 km/h.

| PENEIRAS | | 1 CAMADA | 2 CAMADA | CAPA SELANTE |
|---|---|---|---|---|
| mm | Nr pol | | | |
| 25,40 | 1" | 100 | - | - |
| 19,10 | 3/4" | 90 - 100 | - | - |
| 15,88 | 5/8" | - | - | - |
| 12,70 | 1/2" | 20 - 45 | 100 | - |
| 9,52 | 3/8" | 0 - 10 | 90 - 100 | - |
| 4,76 | nr 4 | 0 - 5 | 40 - 55 | 100 |
| 2,00 | nr 10 | - | 0 - 10 | 30 - 55 |
| 0,42 | nr 40 | - | - | - |
| 0,074 | nr 200 | 0 - 2 | 0 - 2 | 0 - 2 |
| Material betuminoso 1ª e 2ª Aplicações: 1,6 a 2,0 l / m² | | Agregado Mineral 1ª Aplicação: 18 a 23 Kg / m² 2ª Aplicação: 7 a 11 Kg / m² 3ª Aplicação: 4 a 6 Kg / m² | | |

| PENEIRAS | | 1 CAMADA | 2 CAMADA | CAPA SELANTE |
|---|---|---|---|---|
| mm | Nr pol | | | |
| 19,10 | 3/4" | 100 | - | - |
| 15,88 | 5/8" | 90 - 100 | - | - |
| 12,70 | 1/2" | - | - | - |
| 9,52 | 3/8" | 20 - 50 | 100 | - |
| 4,76 | nr 4 | 0 - 10 | 65 - 100 | 100 |
| 2,00 | nr 10 | - | 0 - 10 | 65 - 85 |
| 0,42 | nr 40 | - | - | 30 - 40 |
| 0,074 | nr 200 | 0 - 2 | 0 - 2 | 5 - 10 |
| Material Betuminoso 1ª Aplicação: 1,5 a 1,8 l / m² 2ª Aplicação: 1,4 a 1,6 l / m² | | Agregado Mineral 1ª Aplicação: 15 a 19 Kg / m² 2ª Aplicação: 7 a 9 Kg / m² 3ª Aplicação: 3,5 a 5 Kg / m² | | |

| PENEIRAS | | 1 CAMADA | 2 CAMADA | CAPA SELANTE |
|---|---|---|---|---|
| mm | Nr pol | | | |
| 19,10 | 3/4" | 100 | - | - |
| 12,70 | 1/2" | 90 - 100 | - | - |
| 9,52 | 3/8" | 20 - 45 | 100 | - |
| 4,70 | nr 4 | 0 - 15 | 75 - 100 | 100 |
| 2,00 | nr 10 | - | 0 - 10 | 65 - 85 |
| 0,42 | nr 40 | - | - | 30 - 40 |
| 0,074 | nr 200 | 0 - 2 | 0 - 2 | 0 - 10 |
| Material betuminoso 1ª Aplicação: 1,4 a 1,7 l / m² 2ª Aplicação: 1,4 a 1,6 l / m² | | Agregado Mineral 1ª Aplicação: 14 a 17 Kg / m² 2ª Aplicação: 6 a 8 Kg / m² 3ª Aplicação: 3,5 a 5 Kg / m² | | |

Tab 8-13. Peneiras, granulometria desejada dos agregados e dosagem do material betuminoso

## b. Tipos de tratamentos superficiais

| FIGURAS | Denominação | Espessura acabada (mm) | Tipo de ligante | Tipo de agregado | Modalidade de penetração (ligante) | Tipo de Substrato | Esquema |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | T. S. (por penetração simples) | < 10 | Todos os convencionais | Graduação estreita | Invertida | Betuminoso; granular; solo estabilizado; concreto; paralelepipedo. | |
| b | T. S. (por penetração dupla convencional) | < 20 | Todos os convencionais | Graduação estreita | 1ª camada: invertida 2ª camada: mista | Granular | |
| c | T. S. (penetração dupla com agulhamento no substrato, capa selante coberta com agregado miúdo) | < 20 | Emulsão asfáltica | Graduação estreita | Mista (de preferência direta na 1ª camada) | Granular ou solo com / sem aditivo estabilizante | |
| d | T. S. (penetração simples com agregado pedregulhoso) | < 20 | Emulsão tipo "alta flutuação" | Bem graduada | Invertida | Granular | |
| e | Macadame betuminoso por penetração dupla (3 camadas de agregado) | > 20 | Todos os convencionais | Graduação estreita | Mista (de preferência direta na 1ª camada) | Betuminoso; granular; solo estabilizado; concreto; paralelepipedo. | |
| f | Capa selante por penetração | < 5 | Emulsão asfáltica | Com/sem cobertura de agregado miúdo | Mista / Direta (respectivamente com / sem cobertura por agregado miúdo) | Betuminoso | |
| g | Capa selante por lama asfáltica | 2 a 5 (casos mais comuns) | Emulsão asfáltica | Miúdo (areia/pó-de-pedra) | Pré-misturado | Betuminoso | |
| h | T. S. (primário - ante-pó) | 2 a 5 (casos mais comuns) | Emulsão asfáltica/ asfalto diluido | Com/sem cobertura de agregado miúdo) | Direta no substrato. Invertida no agregado eventual | Granular ou solo não estabilizado | |

**OBSERVAÇÃO**: itens "a", "b" em T.S. de alta qualidade, usam-se ligantes especiais. Item "e" macadame betuminoso é mais usado em camada de base com espessura > 5 cm. Os limites indicados na espessura acabada são arbitrários.

Tab 8-14. Tipo de tratamento superficial e congêneres

## ARTIGO V
## RODOVIAS E PISTAS

### 8-15. RODOVIAS E PISTAS EM CAMPANHA

**a. Estrada de greide elevado** - Para se evitar erosão na plataforma da estrada:

(1) construir abaulamento transversal e valetas laterais (Fig 8-27)
(2) construir sangras (Fig 8-28)
(3) construir bueiros ou passagens molhadas (Fig 8-29)

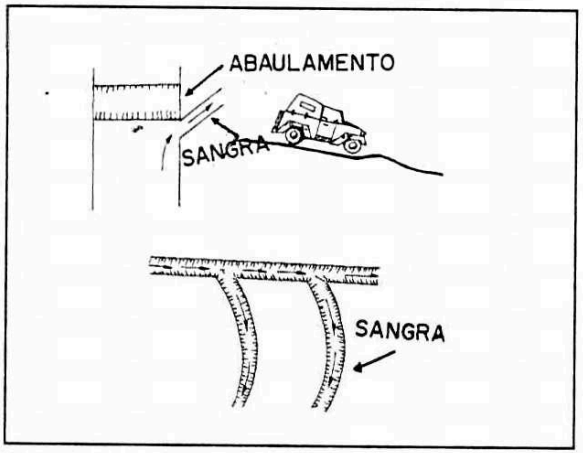



Fig 8-27. Abaulamento transversal de valeta lateral

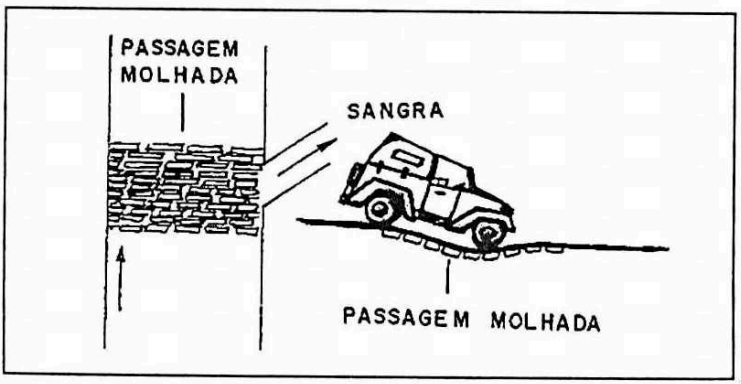



Fig 8-28. Passagem molhada e sangra

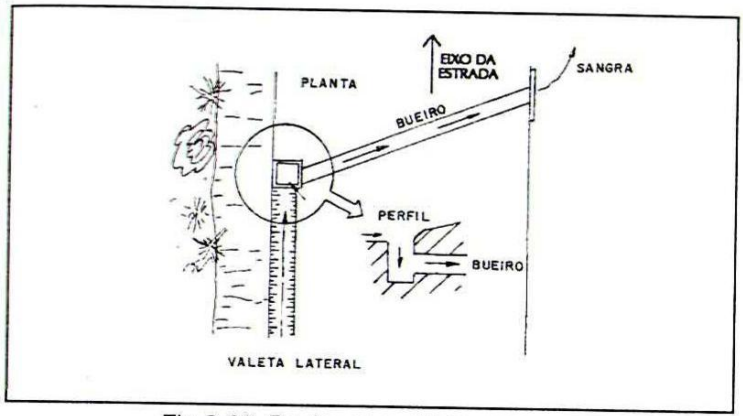



Fig 8-29. Bueiro com valeta e sangra

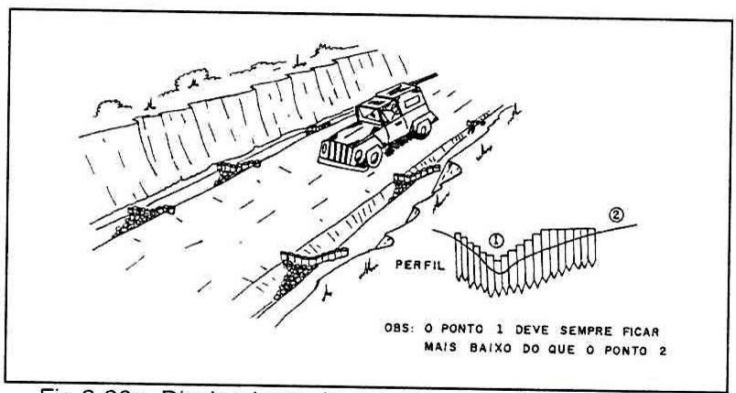



Fig 8-30a. Dissipadores de energia nas valetas e sangras

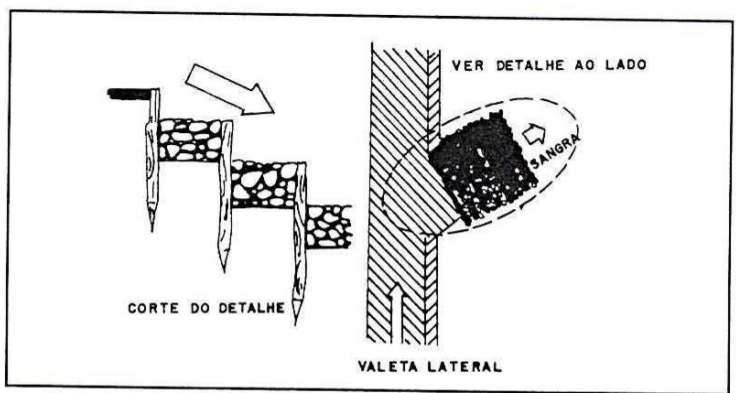



Fig 8-30b. Dissipadores de energia nas valetas e sangras

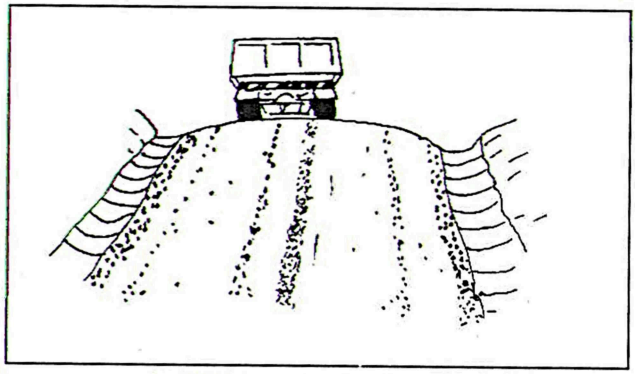


Fig 8-31a. Estrada elevada

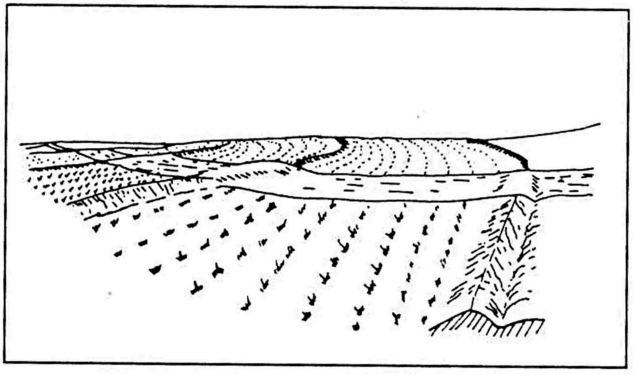


Fig 8-31b. Estrada elevada

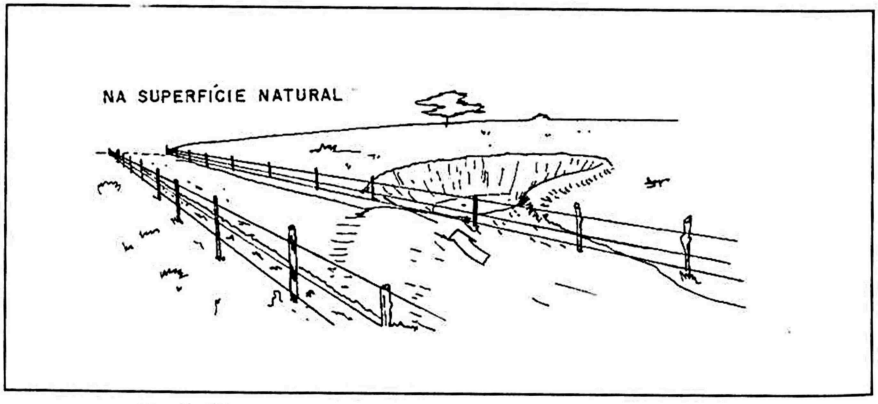



Fig 8-32a. Tipo de caixa de infiltração ou acumulação

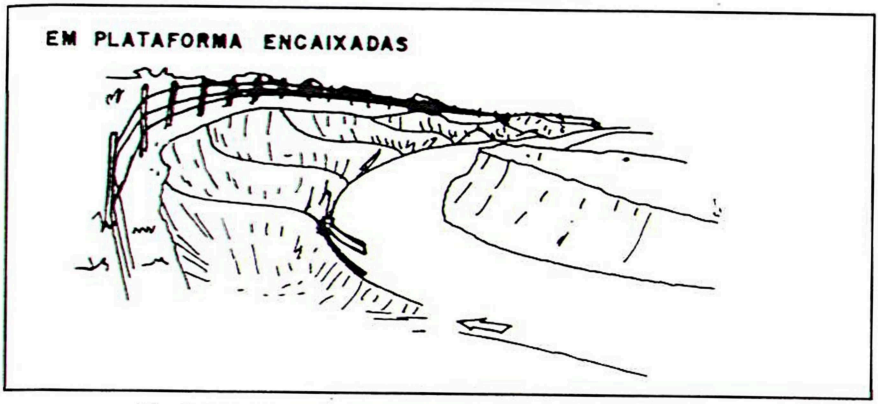



Fig 8-32b. Tipo de caixa de infiltração ou acumulação

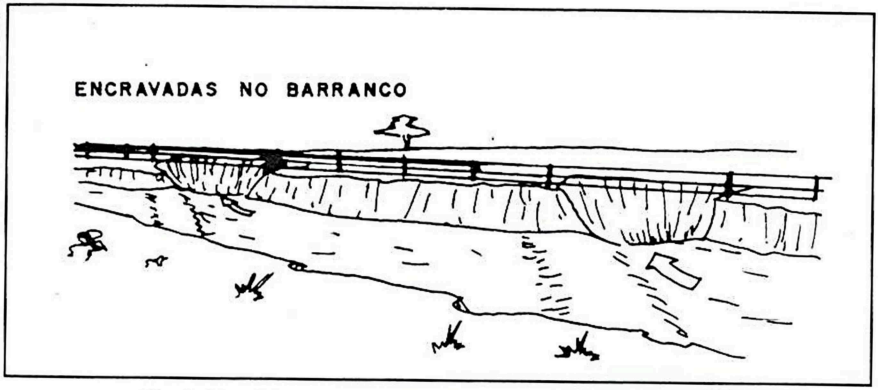



Fig 8-32c. Tipo de caixa de infiltração ou acumulação

**b. Estradas encaixadas** - Para solucionar o problema de erosão em estradas encaixadas:

(1) colocar dissipadores de energia até o bueiro mais próximo (Fig 8-30)

(2) elevar ou erguer o leito (Fig 8-31).

(3) construir caixas de infiltração ou acumulação (Fig 8-32)

**c. Estradas úmidas**

(1) A fim de possibilitar a ação do sol no leito da estrada, para secá-la após a chuva, faz-se necessário a poda da vegetação marginal que impede a penetração dos raios solares.

(2) Para drenagem da água do leito da estrada, construir saídas laterais (sangras e valetas) e elevar o greide.

## 8-16. DEFEITOS E CONSERVAÇÃO DE RODOVIAS

**a.** Defeitos e trabalhos de conservação de rodovias com e sem revestimento primário nos escalões brigada, divisão e exército de campanha

| LOCAL | CAUSAS | CORREÇÕES | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Z Aç Bda | Z Aç DE | Z Aç Ex Cmp |
| Ondulações ou Rodeiros (facão, sulcos longitudinais) | - Falta de capacidade de suporte do sub-leito<br>- Ausência ou deficiência de drenagem | - Valeteamento lateral e saídas d'água para retirada do excesso d'água usando MN | - Lançar material no local usando MN | - Fazer ou refazer o revestimento primário |
| Areião de Espigão<br><br>Areião de baixada | - Falta de ligante (argila) em terreno de solo arenoso | - Retirar a areia com MN, até atingir camadas inferiores<br>- Colocar argila | - Revestir com argila e granular, com espessura mínima (10 cm) reconformando o abaulamento<br>- Valeteamento lateral para a drenagem | - Melhorar o trabalho da ED |
| Excesso de poeira | - Abundância de material fino no leito da estrada por desagregação | - Retirar o material fino com MN | - Nas rodovias sem pavimento, raspar com MN e lançar uma camada mínima de material granular como reforço do subleito | - |
| Pista Escorregadia | -Trecho muito argiloso e muito úmido e sem material granular | - Lançar material granular ou arenoso | - Executar revestimento primário ou refazê-lo com solo estabilizado granulometricamente | - Reforçar a camada executada pela ED |
| Rocha Aflorante | - Região de montanha ou ondulada com a camada do solo de pouca espessura e grande ação erosiva das águas | - Revestir com uma espessura mínima de solo local, no mínimo uma faixa | - Aumentar a espessura do revestimento, a largura para duas faixas e executar um revestimento primário | - |

Tab 8-15. Rodovias com e sem revestimento primário

| LOCAL | CAUSAS | CORREÇÕES | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Z Aç Bda | Z Aç DE | Z Aç Ex Cmp |
| Corrugações Rítmicas (costela de vaca) | - Má graduação do solo local ou do revestimento primário | - Raspagem com MN na faixa do trecho mais crítico | - Raspagem da pista nos trechos mais críticos, reforçando, aí, o solo local com material de revestimento ou de reforço de subleito | - Executar um revestimento primário ou refazê-lo com material estabilizado granulometricamente |
| Panelas e buracos | - Fundação fraca<br>- Má graduação ou mistura dos materiais de revestimento.<br>- Má drenagem | - Revestir com solo local<br>- Profundidade maior que 20 cm, escarificar e reconformar | - Escarificar os trechos críticos e reconformar | - Completar a escarificação de outros trechos |
| Pista derrapante | - Excesso de material granular solto<br>- Falta de ligamento (argila) | - Raspar com MN pelo menos uma faixa | - Revestir com material argiloso e de granulometria menor na espessura mínima, nos trechos mais críticos | - Executar o mesmo trabalho que na ED |
| Achatamento da pista | - Ação do tráfego<br>- Excesso de raspagem | - Construir valetas laterais para retirar a água da pista | - Fazer abaulamento da pista (3 a 5%)<br>- Se o abaulamento for negativo, fazer uma manutenção corretiva | - Reconformação do leito |
| Lama | - Excesso de água na pista<br>- Pista com achatamento<br>- Baixa capacidade de suporte<br>- Má granulometria do revestimento<br>- Solo local com desagregação ou formação de poeira | - Raspar a lama e corrigir a drenagem com valetas laterais | - Raspar a lama, corrigir a drenagem e revestir com pedregulho, brita ou seixo rolado | - Melhorar o abaulamento e valeteamento |

Tab 8-16. Rodovias com e sem revestimento primário (continuação)

| TIPO DE DEFEITOS | CAUSA | CORREÇÕES | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Z Aç Bda | Z Aç DE | Z Aç Ex Cmp |
| Borrachudo | - Retenção de água nas camadas interiores do pavimento.<br>- Baixa capacidade de suporte das camadas de reforço. | - Construir pista de desvio ou variante | - Sinalizar os pontos a fim de evitar acidente. | - Reparar o sistema de drenagem;<br>- Remover todas as camadas afetadas do pavimento;<br>- Corrigir as camadas com mesmo material ou outro de igual ou superior qualidade;<br>- Compactar em camadas de 5 cm e refazer o revestimento. |
| Ondulações | - Compactação deficiente;<br>- Material mal homogeneizado na pista;<br>- Irregularidade do subleito. | - | - | - Procedimento idêntico ao do "Borrachudo" |
| Panelas e buracos | - Deficiência da drenagem do subleito, da drenagem superficial;<br>- Falta de capacidade de suporte das camadas de reforço. | - Recobrí-los com solo local nos trechos críticos, no mínimo uma faixa | - Ampliar a solução anterior para duas faixas | - Desobstruir as paralelas e proceder de modo idêntico ao "Borrachudo" |
| Trincas | - Fadiga do material (mistura)<br>- Infiltração de água em trincas do revestimento<br>- Erro na mistura | - | - | - Remover o revestimento e as demais camadas afetadas obedecendo o sistema de "corte em caixão" |

Tab 8-17. Pavimento (base, sub-base e reforço de subleito)

| TIPO DE DEFEITOS | CAUSA | CORREÇÕES | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Z Aç Bda | Z Aç DE | Z Aç Ex Cmp |
| Envelhecimento | - Deficiência no teor de ligantes;<br>Oxidação prematura do ligante e/ou aquecimento do ligante. | - | - | - Execução de uma capa selante após a limpeza da superfície com vassouras mecânicas e correções das camadas afetadas. |
| Ondulações | - Excessos de ligantes;<br>Viscosidade baixa do ligante;<br>- Falta de ligação entre a base ou pavimento antigo;<br>- Excesso de pintura de ligação ou imprimação;<br>- Falta de compactação. | - | - | - Retirar o revestimento na área comprometida e recompor o trecho com revestimento betuminoso;<br>- Revestir com pré-misturado. |
| Panelas e Buracos | - Deficiência de suporte;<br>- Deficiência de drenagem superficial;<br>- Trincas no revestimento. | - | - | - Preparar a panela ou o buraco fazendo as correções na base ou sub-base como foi visto em borrachudo;<br>Imprimir e tapar com mistura betuminosa quente ou fria. |

Tab 8-18. Revestimento betuminoso

| TIPO | CAUSA | CORREÇÕES | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Z Aç Bda | Z Aç DE | Z Aç Ex Cmp |
| Destuição de encontros de pontes | - Condições meteorológicas anormais. | - | - | Refazer o aterro. |
| Atoleiros | - Falta de drenagem superficial;<br>- Excesso de tráfego;<br>- Lençol freático alto. | - Usar material de ponte;<br>- Aumentar a capacidade de suporte da estrada;<br>- Lançar esteira ou reforçador de solos. | - Suspender temporariamente o tráfego (desvio);<br>- Drenar o local;<br>- Obturar o atoleiro;<br>- Baixar o lençol freático com uma valeta profunda lateral. | - Retirar o material colocado pela E Bda ou ED, escarear o material desagregado; secá-lo e tapar o buraco como se fosse cratera; recompletar com material de melhor qualidade;<br>- Construir dreno profundo. |
| Erosão do aterro | - Defeito na compactação do aterro;<br>- Formação de baquetas no aterro;<br>- Descida de água com energia. | - Construir variante ou desvio. | - Reforçar a variante ou desvio. | - Rebaixar a parte erodida em degraus, completar o aterro;<br>- Retirar as banquetas;<br>Colocar dissipador de energia. |
| Erosão de valetas laterais | - Baixa coesão do solo<br>- Drenagem deficiente;<br>- Descida d'água com energia;<br>- Falta de cobertura vegetal. | - Melhorar a faixa de tráfego com um TE. | - | - Preenchimento dos sulcos ou ravinas com o solo local;<br>- Colocar dissipadores de energia (a solução completa ficará a cargo da EZAdm). |

Tab 8-19. Outras reparações de rodovias

# CAPÍTULO 9

# CAMPOS DE POUSO E HELIPORTOS

## ARTIGO I

## CLASSIFICAÇÃO DE CAMPOS DE POUSO E HELIPORTOS

9-1. CAMPOS DE POUSO

**a.** A classificação dos campos de pouso e heliportos, em um TO, é função tanto da categoria das aeronaves como das zonas de ação das GU onde eles estão localizados.

**b.** Existem os seguintes campos de pouso e heliportos.
(1) Área de Rg de Bda.
(2) Área de Rg de Divisão.
(3) Área de Rg de Ex Cmp.
(4) Zona de Administração.

9-2. CLASSIFICAÇÃO DAS AERONAVES

As aeronaves compreendem os aviões e os helicópteros.

**a. Aviões** - Os aviões são classificados em seis categorias. Na relação que se segue, em cada categoria é indicado um tipo ou mais de aivões que têm características críticas e representam os outros para área de estabelecimento de especificações geométricas e de revestimento dos campos de pouso.
(1) Ligação (Avião 0-1).
(2) Observação (OV - 1).
(3) Transporte leve (C-7 A).

(4) Transporte médio (C-130).
(5) Transporte pesado (C-124, C-125 e C-141).
(6) Caça (F-4C ou F-105).

**b. Helicópteros -** Há 4 categorias de helicópteros e, na relação a seguir, cada uma delas tem um helicóptero que representa outros para fins de estabelecimento de especificações geométricas e de revestimento dos heliportos.

(1) Observação (OH - 6A) e (HA - 1).
(2) Utilitário (UH - 1D) e (HM - 1).
(3) Transporte médio (CH - 47).
(4) Transporte pesado (CH - 54).

## ARTIGO II

## PROJETO DE CAMPOS DE POUSO E HELIPORTOS

### 9-3. NOMENCLATURA E TRAÇADO GERAL

O traçado geral e a nomenclatura de campos de pouso e heliportos de um TO são apresentados nas figuras 9-1, 9-2 e 9-3.

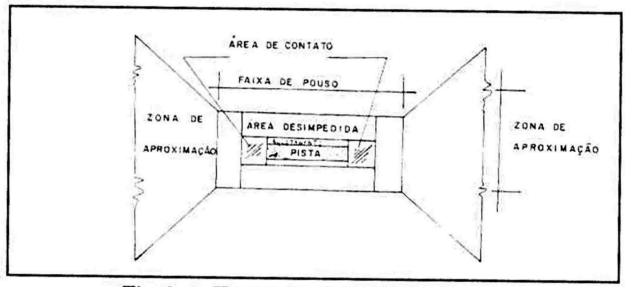



Fig 9-1. Traçado geral de C Pouso

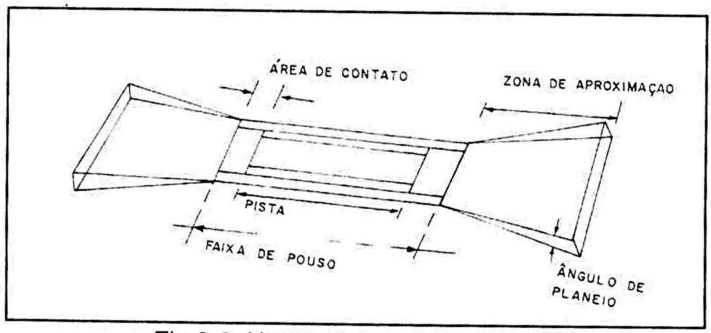



Fig 9-2. Nomenclatura de C Pouso

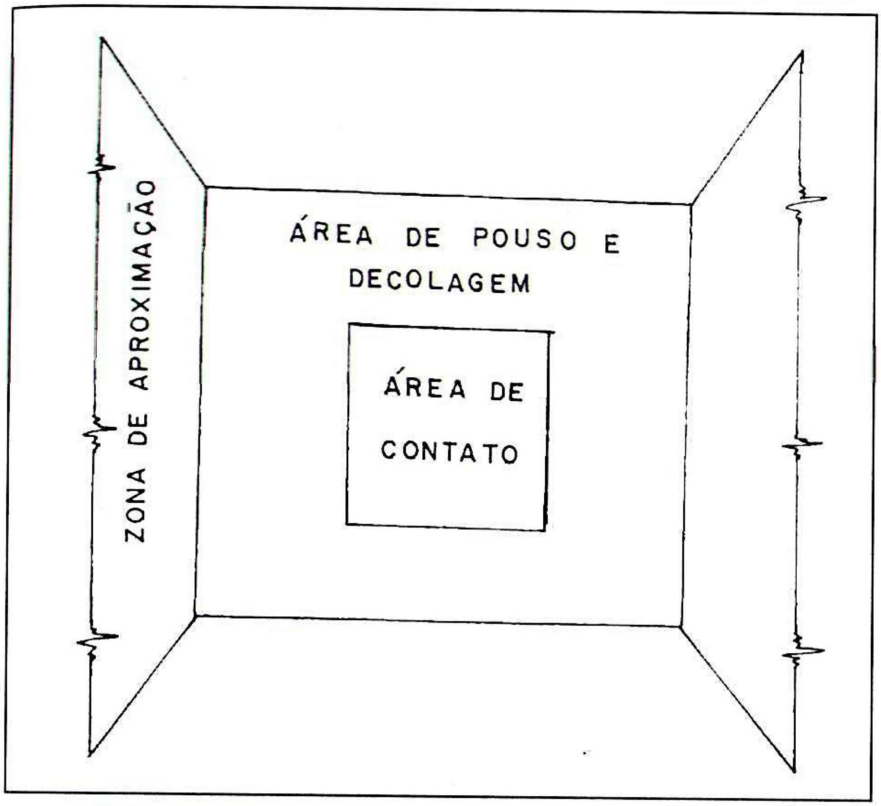



Fig 9-3. Heliporto sumário

## 9-4. ESPECIFICAÇÕES PARA O PROJETO DE CAMPOS DE POUSO

**a. Vento -** Normalmente, as pistas são orientadas tendo em vista a direção dos ventos predominantes. Um cuidado especial deve ser dado em relação a ventos repentinos de grande velocidade. Normalmente, o vetor vento resultante, perpendicular ao eixo longitudinal do campo, não deve ser maior do que 21 Km/h.

**b. Comprimento da pista de pouso e decolagem -** O comprimento da pista é obtido pela aplicação de fatores de correção ao comprimento básico estabelecido para um determinado local. A corrida de decolagem, ao nível do mar, à temperatura de 15º C, para aeronaves, é dada na tabela 9-1. Para condições diferentes destas duas, os valores básicos da tabela devem ser corrigidos aplicando-se a tabela 9-2.

| Tipo de campo de pouso | Previsão de tempo de utilização (para projeto) | Tipo de avião | Corrida de decolagem (m) | Comprimento mínimo de pista (m) | Largura da pista (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| **A Rg Bda** | 3 dias | | | | |
| Tmp leve | | C-7 A | 190 | 300 | 15 |
| Tmp médio | | C-130 | 480 | 600 | 18 |
| **A Rg Div** | 2 semanas | | | | |
| Ligação | | 0-1 | 119 | 225 | 15 |
| Observação | | OV-1 | 600 | 750 | 18 |
| Tmp leve | | C-7 A | 190 | 360 | 18 |
| Tmp médio | | C-130 | 600 | 750 | 18 |
| **A Rg Ex Cmp** | 1-2 meses | | | | |
| Ligação | | 0-1 | 119 | 300 | 15 |
| Observação | | OV-1 | 600 | 900 | 18 |
| Tmp leve | | C7 A | 190 | 450 | 18 |
| Tmp médio | | C-130 | 840 | 1.050 | 18 |
| Tmp pesado | | C-135 | 2.010 | 1.800 | 30 |
| Caça | | F-4 C | 1.200 | 1.500 | 18 |
| **Zona de Administração** | 6-12 meses | | | | |
| Lig Obst e Tmp leve | | 0-1, OV E C-7 A | 600 | 900 | 22 |
| Tmp médio | | C-130 | 1.200 | 1.800 | 22 |
| Tmp pesado | | C-135 | 2.010 | 3.000 | 47 |
| Caça | | F-4 C | 1.200 | 2.400 | 33 |
| **Nota**: A corrida de decolagem pressupõe: nível do mar, 15º C, ausência de ventos, superfície dura. | | | | | |

Tab 9-1. Características de campo de pouso e aviões utilizados em TO

### c. Tipos e características dos aeródromos

| Padrão | Dimensão das Pistas (m) | Características |
|---|---|---|
| A | Maior que 2200 x 60 | Concreto<br>Estac: concreto |
| B | Entre 1800 e 220 x 45 | Concreto ou asfalto<br>Cabeceiras: concreto<br>Estac: misto |
| C | Entre 1050 e 1750 x 45 | Asfalto<br>Cabeceiras: concreto<br>Estac: misto |
| D | Entre 1050 e 1750 x 45 | Piso compactado<br>Estac: compactado |
| E | Entre 850 e 1000 x 30 | Piso compactado<br>Estac: compactado |
| F | Até 800 x 25 | Grama<br>Estac: grama |

Tab 9-2. Tipos e características dos aeródromos

| | |
|---|---|
| 1. Corrida de decolagem (CD) | Consultar a tabela 10-1. |
| 2. Correção para altitudes | Aumentar o comprimento de CD em 10% para cada 300 m de aumento na altitude, a partir de 300 metros |
| 3. Correção de temperatura (*) | Para cada variação de 15º C, aumentar o comprimento da pista já corrigido anteriormente de 7%, se o comprimento da pista for igual ou maior que 1.500 m. Se o comprimento da pista for menor que 1.500 m, o aumento deverá ser de 4%. |
| 4. Fator de Segurança | Multiplicar o comprimento da pista, já corrigido anteriormente, por 1,5 para campos de pouso de Z Adm e por 1,25 para campos de pouso de outras áreas de retaguarda (Bda, Div) |
| 5. Correção da inclinação longitudinal das rampas | Aumentar o comprimento da pista, já corrigido anteriormente, de 8% para cada aumento de 1% de inclinação da rampa existente pode ser obtida no perfil do campo de pouso. |
| 6. Arredondamento | O Comprimento da pista obtido a partir do comprimento da corrida de decolagem e corrigido, se for necessário, pelos fatores de altitude, temperatura, segurança e rampas, deverá ser arredondado para um valor superior, múltiplo de 50 metros. |
| 7. Verificação do comprimento mínimo necessário | Comparar o valor obtido de comprimento da pista, já corrigido, com os dados de pista da tabela 10-1. Usar o maior valor |
| (*) A temperatura a considerar é a média das temperaturas máximas que ocorrem no período mais quente, durante o qual forem conduzidas as operações. | |

Tab 9-3. Correção do comprimento da pista de pouso e decolagem

**d. Largura da pista de pouso e decolagem** - Ver tabela 9-1.

**e. Especificações para revestimentos expeditos de campo de pouso**

(1) A tabela 9-3 apresenta especificações para revestimentos expeditos de campos de pouso, correlacionando um índice de resistência do subleito (ÍNDICE DE CAMPO DE POUSO) com revestimentos portáteis. Os campos de pouso classificam-se, quanto ao revestimento expedito, em três tipos:

(a) sem revestimento.

(b) revestimento com membrana - a membrana poderá ser usada em locais de subleito resistente, onde a umidade poderá enfraquecê-lo.

(c) revestimentos com esteiras metálicas - as esteiras metálicas são revestimentos portáteis, de aço ou alumínio, e apresentados nos tipos leve e médio.

(2) O índice de campo de pouso é um valor da resistência do subleito e é obtido por um ensaio expedito com os aparelho chamado penetrômetro de cone. Esse ensaio substitui, quando houver urgência, os ensaios normais de CBR (índice de suporte Califórnia). Para construção de campo de pouso, extrair o ISC da tab 9-2.

(3) Os seguintes tipos de membranas e esteiras são recomendados para utilização:

(a) esteira metálica leve - M8 A1

(b) esteira metálica média - MX 18B, MX 19, AM 2.

(c) membrana T - 17

| TIPO DE CAMPO DE POUSO | Especificações para revestimeno de pista de decolagem, rolamento e pátios de estacionamento para índices de campo de pouso de: | | | | | | | Especificações para o revestimento de acostamentos e áreas de contato para índices de campo de pouso de: | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Índice de C Pouso mínimo | 5-6 | 6-8 | 8-10 | 10-12 | 12-15 | 15 ou maior | Índice de C Pouso mínimo | 5-6 | 6-8 | 8-10 | 10-12 | 12-15 | 15 ou maior |
| **A Rg Bda** | | | | | | | | | | | | | | |
| Transporte leve | 4 | S | S | S | S | S | S | 2 | S | S | S | S | S | S |
| Trnp médio | 4 | L | S | S | S | S | S | 4 | S | S | S | S | S | S |
| **A Rg Div** | | | | | | | | | | | | | | |
| Ligação | 3 | S | S | S | S | S | S | 2 | S | S | S | S | S | S |
| Observação | 3 | L | L | S | S | S | S | 4 | S | S | S | S | S | S |
| Transporte leve | 5 | S | S | S | S | S | S | 3 | S | S | S | S | S | S |
| Trnp médio | 5 | L | L | S | S | S | S | 4 | S | S | S | S | S | S |
| **A Rg Ex** | | | | | | | | | | | | | | |
| Ligação | 3 | S | S | S | S | S | S | 2 | S | S | S | S | S | S |
| Observação | 3 | L | L | S | S | S | S | 5 | S | S | S | S | S | S |
| Transporte leve | 5 | S | S | S | S | S | S | 3 | S | S | S | S | S | S |
| Trnp médio | 4 | M | M | L | S | S | S | 3 | L | S | S | S | S | S |
| Trnp pesado | 6 | A | M | M | L | L | S | 3 | L | L | L | S | S | S |
| Caça | - | M | M | M | L | L | L | - | L | L | L | L | S | S |
| **Zona de Adm** | | | | | | | | | | | | | | |
| Lig Obs Trnp leve | 5 | L | L | L | S | S | S | 5 | S | S | S | S | S | S |
| Transporte médio | 6 | A | M | M | L | L | S | 4 | L | L | S | S | S | S |
| Trnp pesado | 8 | A | A | M | M | L | L | 3 | M | L | L | L | S | S |
| Caça | 7 | A | M | M | M | L | L | 4 | L | L | L | L | S | S |
| **OBSERVAÇÕES:** | S = Solo em revestimento, com ou sem membrana<br>L = Esteira metálica leve<br>M = Esteira metálica média<br>A = O índice de campo de Pouso do Subleito deverá ser aumentado até o valor indicado para esteira metálica média | | | | | | | | | | | | | |

Tab 9-4. Especificações para revestimentos expeditos de campos de pouso

## 9-5. PROJETO DE HELIPORTOS SUMÁRIOS

As especificações geométricas mínimas para heliportos sumários são dadas na tabela 9-5 e as especificações para revestimento expedito de heliportos são dados na Tab 9-6.

| DESCRIÇÃO | Área de Rg Div | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | OH-6A | UH-1D | CH-47 | CH-54 | HM-1 | HA-1 |
| Comprimento da área de contato (m) | 3,6 | 6,0 | 15,0 | 15,0 | 6,0 | 6,0 |
| Largura da área de contato (m) | 3,6 | 6,0 | 7,5 | 15,0 | 6,0 | 6,0 |
| Rampa da área de pouso (%) | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Rampa de área desimpedida (%) | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Comprimento da área de pouso (m) | 22 | 30 | 45 | 45 | 25 | 20 |
| Largura da área de pouso (m) | 22 | 30 | 38 | 45 | 25 | 20 |

Tab 9-5. Especificações geométricas mínimas para heliportos sumários

As especificações para revestimento expedito de heliportos são dadas na Tab 9-6.

| TIPOS DE HELIPORTOS | ÍNDICE DE CAMPO DE POUSO | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-8 | 8-10 | 10-12 | 12-15 | > 15 |
| **Rg Div (sumário)** | | | | | | | | | | |
| OH - 6A | L | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| UH - 1D | L | L | S | S | S | S | S | S | S | S |
| CH - 47 | A | M | M | L | L | L | L | S | S | S |
| CH - 54 | A | M | M | M | L | L | L | L | S | S |
| **Rg Div (completo)** | | | | | | | | | | |
| UH - 1D | L | L | S | S | S | S | S | S | S | S |
| CH - 47 | A | M | M | L | L | L | L | S | S | S |
| **Rg Ex Cmp (sumário)** | | | | | | | | | | |
| OH - 6A | L | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| UH - 1D | L | L | S | S | S | S | S | S | S | S |
| CH - 47 | A | A | M | M | L | L | L | S | S | S |
| CH - 54 | A | A | A | M | M | L | L | L | L | S |
| **Rg Ex Cmp (completo)** | | | | | | | | | | |
| UH - 1D | L | L | S | S | S | S | S | S | S | S |
| CH - 47 | A | A | M | M | L | L | L | S | S | S |
| CH - 54 | A | A | M | M | M | M | L | L | L | S |
| **(Zona de Adm sumário)** | | | | | | | | | | |
| OH - 6A | L | L | S | S | S | S | S | S | S | S |
| UH - 1D | L | L | L | S | S | S | S | S | S | S |
| CH - 47 | A | A | M | M | L | L | L | L | S | S |
| CH - 54 | A | A | A | M | M | M | L | L | L | S |
| **(Zona de Adm completo)** | | | | | | | | | | |
| UH - 1D | L | L | L | S | S | S | S | S | S | S |
| CH - 47 | A | A | M | M | L | L | L | L | S | S |
| CH - 54 | A | A | A | M | M | M | L | L | L | S |
| **Observações:** | S = Solo sem revestimento (natural), com ou sem membrana<br>L = esteira metálica leve<br>M = esteira metálica média<br>A = Índice de Campo de Pouso do subleito deverá ser aumentado até o valor indicado para esteira metálica média | | | | | | | | | |

Tab 9-6. Especificações para revestimento expeditos de heliportos, relativas ao índice de campo de pouso

## 9-6. ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS E CONTROLE DE POEIRA

**a.** Para a estabilização de solos, consultar a tabela 8-8.

**b.** Para diminuir a poeira dos campos de pouso não revestidos, poderão ser espargidos na pista água, solução de cal ou óleos, que permitirão uma reduçao temporátiria de poeira. Para um tratamento que dure mais tempo, poderão ser utilizados asfaltos diluídos ou emulsões.

## 9-7. SINALIZAÇÃO EXPEDITA DA PISTA

A escolha de um sistema de sinalização de campo de pouso num TO é prerrogativa do comandante do TO. A figura 9-4 apresenta um modelo de sinalização expedita.

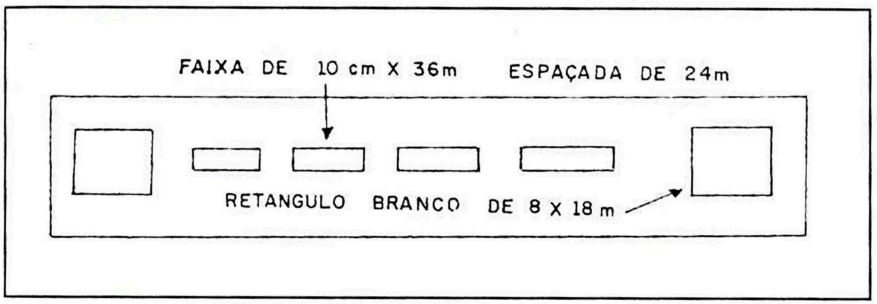



Fig 9-4. Sinalização expedita de pista

## 9-8. PROTEÇÃO PARA AERONAVES ESTACIONADAS

A proteção para as aeronaves deverá ser feita com estruturas que não dificultem o acesso rápido por motivo tático ou de manutenção. As aeronaves deverão ficar suficientemente dispersas a fim de minimizar o perigo de ocorrerem explosões simultâneas. As construções deverão evitar a utilização de um só padrão , o que poderá facilitar o ajustamento dos tiros feitos de aviões inimigos.

# CAPÍTULO 10

# EQUIPAMENTO DE ENGENHARIA

## ARTIGO I

## EQUIPAMENTO PESADO

10-1. EQUIPAMENTOS E PRINCIPAIS EMPREGOS - PRODUÇÃO MÉDIA

**a. Construção**

| EQUIPAMENTO | TRABALHO | Rendimento por hora |
|---|---|---|
| Máquina de cortar grama com trator | Corte de macega rala ou grama | 8.000 m² |
| Trator de esteira de 66 a 90 HP c/lâmina | Desmatamento leve ou limpeza | 4.000 m² |
| | Desmatamento médio | 1.000 m² |
| | Derrubada de árvores de 10 a 25 cm de diâmetro | 20 a 50 árvores |
| | Derrubada de árvores de 30 a 75 cm | 3 a 12 árvores |

Tab 10-1. Desmatamento e Destocamento

| EQUIPAMENTO | TRABALHO | Rendimento por hora |
|---|---|---|
| Motoniveladora | Valeta em "V" terreno frouxo/ médio/ duro | 191/115/65 $m^3$ |
| Escavadeira de colher ("Shovel") ou com caçamba de arrastro ("Dragline") de 0,57 $m^3$ | Escavação em terreno duro / frouxo | 45 $m^3$ / 95 $m^3$ |
| Valetadeiras sobre lagartas | As velocidades de trabalho dependem da largura (de 0,45 a 0,65 m), profundidade (de 0 a 2 m) e do tipo de solo. | 0 - 145 m |
| Valetadeiras sobre rodas | Idem, idem, idem exceto largura de 0,65 m. | 0 - 510 m |

Tab 10-1a. Escavação de valetas para drenagem

| EQUIPAMENTO | TRABALHO | Rendimento por hora |
|---|---|---|
| trator de esteira 66 a 90 Hp com lâmina ("dozer") | Corte e meia encosta (terreno médio e terreno duro) | 90 $m^3$/70 $m^3$ |
| | Corte em encosta com 10° de inclinação (terreno médio e duro) | 120 $m^3$ |
| | Corte em encosta com 20° de inclinação (terreno duro) | 50 $m^3$ |
| | Corte em encosta com 30° de inclinação (terreno duro) | 30 $m^3$ |
| | Transporte horizontal de 15 m em terreno médio | 100 $m^3$ |
| | Transporte horizontal de 30 m em terreno médio | 60 $m^3$ |
| Trator de 140 Hp com lâmina ("dozer") | Transporte horizontal de 30 m / 45 m / 60 m / 90 m | 75/50/40/ 30 $m^3$ |
| | Corte a meia encosta | 100 $m^3$ |
| Escavadeira sobre esteira com pá mecânica (0,57 $m^3$) | Escavação em terreno duro / frouxo | 35 $m^3$/55 $m^3$ |
| Motoniveladora | Escavação de valetas laterais e nivelamento de aterros, 4 viagens completas | 320 $m^3$ |
| "Scraper", rebocado por trator de 140 Hp com capacidade de 9 $m^3$ | Transporte horizontal de 120 m / 300 m / 450m | 110 $m^3$/70 $m^3$ 50 $m^3$ |
| "Scraper", rebocado por trator de 66 a 90 Hp c/ capacidade de 6 $m^3$ | Transporte horizontal de 150 m / 250 m em terreno médio | 70 $m^3$/45 $m^3$ |
| "Motoscraper" | Transporte horizontal de 300 m / 600 m / 1500 m | 120/85/55 $m^3$ |

Tab 10-1b. Escavações e transporte de solos

| EQUIPAMENTO | TRABALHO | Rendimento por hora |
|---|---|---|
| Trator de 70 a 90 Hp, com lâmina inclinada | Espalhamento de terras | 230 m³ |
| Rolo pé-de-carneiro, com dois rolos em linha tracionada por trator de 70 a 90 Hp | Camada de 25 cm, 8 passadas | 190 m³ |
| | Camada de 25 cm, 10 passadas | 150 m³ |
| | Camada de 25 cm, 12 passadas | 110 m³ |

Tab 10-1c. Construção de Aterros

| EQUIPAMENTO | TRABALHO | Rendimento por hora |
|---|---|---|
| Motoniveladora | Escarificação e raspagem | 335 m² |
| Rolo pé-de-carneiro, com dois rolos em linha, tracionado por trator de 70 a 90 Hp | Camada de 15cm, 8 passadas<br>Camada de 15cm, 10 passadas<br>Camada de 15cm, 12 passadas | 540 m²<br>450 m²<br>375 m² |
| Compactador de pneus lisos com trator 30 Hp | Velocidade de 5 km/h, 5 passadas | 250 m² |
| Compactador tipo rolo rebocado, 5 a 8 t | Velocidade de 5 km/h, 5 passadas | 835 m² |

Tab 10-1d. Regularização do Subleito

| EQUIPAMENTO | TRABALHO | Rendimento por hora |
|---|---|---|
| Trator de 70 a 90 Hp, com lâmina inclinada Motoniveladora | Espalhamento de material<br>Espalhamento de material<br>Nivelamento da superfície | 230 m³<br>150 m³<br>375 m³ |
| Rolo auto-rebocado de 5 t a 8 t | Compactação de cascalho | 250 m³ |
| Rolo auto-rebocado de 5 a 8 t | Compactação de cascalho | 55 m³ |
| Trator de 30 Hp e c/ rolo de pneus lisos | Compactação de cascalho, 10 passadas | 1250 m² |

Tab 10-1e. Construção da Base e Sub-base

| EQUIPAMENTO | TRABALHO | Rendimento por hora |
|---|---|---|
| Vassoura rebocada por trator de 30 Hp | Limpeza de base compactada | 2090 m² |
| Distribuidor de asfalto montado em reboques | 0,5 1/m2 - 7,0 m de pulverizadores | 2130 m² |
| Distribuidor de asfalto montado em caminhão | 1 1/m2 - 7,0 m de pulverizadores | 1045 m² |
| Distribuidor de agregados | Espalhar agregados | 4180 m² |
| Rolo de pneus rebocado por trator de 30 Hp | Compactar agregados, com velocidade de 8 km/h em 5 passadas | 1100 m² |
| Motoniveladora | Mistura de local, camadas c/ 5cm de material betuminoso (espalhamento) | 125 m² |

Tab 10-1f. Pavimentação

| EQUIPAMENTO | TRABALHO | Rendimento por hora |
|---|---|---|
| Britador com 2 unidades de 35 t/hora | Agregado separado com 2,5 cm | 15 t |
| | Agregado separado com 4,0 cm | 20 t |
| | Agregado separado com 6,0 cm | 45 t |
| Britador de 75 t/hora | Agregado separado com 3,8 cm | 60 t |
| Britador de 225 t/hora | Agregado separado e lavado com 0,6 cm | 110 t |
| | Agregado separado e lavado c/ 3,2 cm | 220 t |
| Britador aero-transportável de 15 t/hora | Agregado britado com 2,5 cm | 15 t |
| | Agregado britado com 3,75 cm | 25 t |
| | Agregado britado com 5,0 cm | 35 t |
| Compressor alternativo 355 m³/hora | Ao nível do mar | 355 m³ |
| | 1520 m acima do nível do mar | 320 m³ |
| Compressor Rotativo 420 m³/hora | Ao nível do mar | 420 m³ |
| | 1520 m acima do nível do mar | 420 m³ |
| Compressor Rotativo 1015 m³/hora | Ao nível do mar | 1015 m³ |
| | 1520 m acima do nível do mar | 1015 m³ |
| Compressor Rotativo 355 m³/hora | Broca de 4,5 cm. Profundidade máxima de 2,40 m. Requer de 70 a 100 m³/h de ar | 355 m³ |
| Martelete, classe 16 kg | | 6 m |
| Martelete, classe | Broca de 4,5 cm. Profundidade máxima de 3,60 m. Requer de 120 a 150 m³/h de ar. | 9 m |
| Pá carregadeira com capacidade de 1,5 m³ | Carga de caminhão | 150 m³ |
| A produção horária pode variar 25% dependendo da dureza do material. | | |

Tab 10-1g. Produção de Agregados

**b. Reparação e melhoramento**

Para os trabalhos de reparação e melhoramento as estimativas devem ser feitas em termos de trabalhos de construção.

## 10-2. TRATORES DE ESTEIRAS

**a.** A distância econômica de transporte para um "dozer" varia de 10 a 90 m.

**b.** A tabela 10-2, apresenta dados sobre produção em $m^3$ de um "dozer".

| MODELO | CAPACIDADE DA LÂMINA EM $m^3$ DE MATERIAL SOLTO | | CONSUMO DE COMBUSTÍVEL POR HORA (litros) |
|---|---|---|---|
| | LÂMINA ANGULÁVEL | LÂMINA RETA | |
| D 9 | 5,6 | 8,0 | 52 |
| D 8 L | 4,2 | 11,0 | 44 |
| D 7 | 3,0 | 4,3 | 26 |
| D 6 D | 2,4 | 3,04 | 18 |
| D 4 E | 1,2 | 1,7 | 10 |
| TD 24 | - | 6,0 | 42 |
| TD 20 | - | 2,7 | 34 |
| HD 16 | - | 3,8 | 34 |
| HD 6 M | - | 2,0 | 26 |

Tab 10-2. Capacidade da lâmina em $m^3$ de material solto

**c. Regras para aumentar a produção do trator de esteiras**

| TÉCNICA DE OPERAÇÃO | RENDIMENTO |
|---|---|
| Cortar e empurrar o material seguindo a mesma trilha | Aumenta a produção até 30% |
| Cortar e empurrar o material com dois tratores lado a lado | Aumenta a produção em até 1$m^3$ por passada |
| Cortar e empurrar o material em declive | Aumenta a produção (varia de acordo com declive) |

Tab 10-3. Rendimento do TE

## 10-3. ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DOS TRATORES

**a. Tempo de ciclo (min) -** Corresponde à soma do tempo fixo com o tempo variável.

$$T_{cmin} = \text{TEMPO FIXO} + \text{TEMPO VARIÁVEL}$$

(1) Tempo fixo (necessário para o trator desacelerar, mudar de marcha e acelerar) - Para trator de esteiras em trabalho de lâmina.

| TRANSMISSÃO | Tf (min) |
|---|---|
| Power Shift<br>Mecânica | 0,05<br>0,20 |

(2) Tempo veriável (Consumido nos deslocamentos, para empurrar o material e voltar)

$$\text{Tempo variável (min)} = \frac{\text{Percurso de ida (m) x 0,06}}{\text{Velocidade de ida (km/h)}} + \frac{\text{Percurso de volta (m) x 0,06}}{\text{Velocidade de volta (km/h)}}$$

(3) Viagens (ou ciclos) por hora

$$\text{Viagens por hora} = \frac{60 \text{ min}}{\text{Tempo de ciclo (min)}}$$

(4) Fator de eficiência - Empregado para compensar influências variáveis, como experiência e desempenho dos operadores e dos dirigentes do serviço, as dificuldades com as condições meteorológicas, quebra de máquinas, facilidades de reparações e existência de peças sobressalentes. Sob condições "médias", podem-se considerar os seguintes fatores de eficiência (Tab 10-4):

| OPERAÇÃO | TIPO DE TRATOR | HORA DE TRABALHO | FATOR DE EFICIÊNCIA |
|---|---|---|---|
| Diurna | Trator de esteiras<br>Trator de rodas | 50 min/hora<br>45 min/hora | 0,83<br>0,75 |
| Noturna | Trator de esteiras<br>Trator de rodas | 45 min/hora<br>40 min/hora | 0,75<br>0,67 |

Tab 10-4. Fator de eficiência

(5) Produção horária ($m^3/h$)

$$\text{Prod. Horária } (m^3/h) = \text{Capacidade da lâmina em } m^3 \text{ x viagens/h x fator de eficiência}$$

## 10-4. "SCRAPERS" (MOTO-ESCAVO-TRANSPORTADOR)

**a.** A combinação de trator de esteira-scraper pode ser eficiente, se empregada em uma distância de 90 a 360 metros.

**b.** A combinação de trator de roda - Scraper pode ser eficiente se empregada de 150 até 1,500 metros.

**c.** Produção dos "SCRAPERS" - Para aumentar a produção dos "SCRAPERS":

(1) procurar, sempre que possível, carregar em declive,

(2) obedecer à seguinte sequência no carregamento:

(a) fazer dois carregamentos, deixando entre duas faixas de corte uma faixa com largura menor que a da lâmina do "scraper".

(b) fazer o 3º carregamento cortando sobre a faixa deixada entre os dois primeiros carregamentos.

(3) se houver disponibilidade, empregar o "Pusher" (empurrador):

(a) pode-se empregar um trator de lâmina ou equipado com uma placa amortecedora, em lugar da lâmina, para auxiliar o trator "scraper"durante o carregamento. O trator que realiza o "pusher" não deve percorrer grande distância, entre o término do carregamento de um "scraper"e o ínicio do seguinte.

(b) empregar o carregamento em vaivém. Com este método, o trator que realiza o "pusher", após auxiliar o carregamento de uma das unidades, manobra e passa a se deslocar em sentido contrário ao carregamento anterior, indo posicionar-se à retaguarda do próximo motoscraper.

(c) fazer o carregamento em série quando a área de corte (caixa de empréstimo) for bastante extensa. Um trator "pusher" incialmente auxilia o carregamento de um moto scraper. Desloca-se, então, para a retaguarda do próximo motoscraper, que se move paralelamente e um pouco adiante em relação ao primeiro.

(4) deslocar rapidamente os "scrapers", após o carregamento.

(5) manter as estradas de transporte em boas condições, todas as estradas de transporte deverão ser mantidas com rampas suaves, em consequência, permitir maior velocidade ao equipamento que se desloca.

(6) escarificadores - quando o solo é demasiado duro e torna-se difícil o carregamento do "scraper", o emprego de um escarificador, montado em trator de esteiras, permite desagregar o material para facilitar o carregamento.

(7) capacidade dos "scrapers" - Tabela 10-5.

| MARCA E MODELO | PESO (kg) (vazio) | CAPACIDADE RASA ($m^3$) | CAPACIDADE (Coroada)($m^3$) |
|---|---|---|---|
| CATERPILLAR 621R | 27.950 | 10,7 | 15,3 |
| CATERPILLAR 631C | 36.350 | 16 | 23 |
| CATERPILLAR 641B | 53.070 | 21,4 | 29 |
| CATERPILLAR 435F | 11.300 | 10,7 | 13,8 |
| CATERPILLAR 463G | 13.200 | 13,8 | 20 |
| CATERPILLAR 80 | 13.533 | 11,5 | 16 |
| WABCO Mod 229 G | 24.313 | 11,5 | 16 |

Tab 10-5. Capacidade de "scrapers" de diversas marcas

## 10-5. CÁLCULO DA PRODUÇÃO DOS "SCRAPERS" (sequência)

**a. Determinar o tempo de ciclo -** Tempo de ciclo é o tempo total requerido por um "scraper" para executar uma operação completa. Corresponde à soma do "Tempo Fixo e Tempo Variável".

| "SCRAPERS" AUTO REBOCADO (com "pusher") | TEMPO FIXO (min) |
|---|---|
| Transporte em 4ª marcha | 0,3 |
| Transporte em 3ª marcha (Carregamento) | 0,7 |
| Transporte em 2ª marcha (manobra e espalhamento) | 0,7 |
| **"SCRAPERS", REBOCADOS COM TRATOR DE ESTEIRAS** | |
| Carregamento sem "Pusher" | 2,5 |
| Carregamento com "Pusher" | 2,0 |
| **UNIDADE DE TRAÇÃO** | **Maior Eficiência** |
| TE | 90 a 360 m |
| TA | 150 a 1500 m |
| **"MOTO SCRAPERS (MT)"** | |
| MT | 50 a 950 m |

Tab 10-6. Tempo fixo (Scrapers)

(1) Tempo de ciclo mínimo

$$T_{cmin} = \text{TEMPO FIXO (Tf)} + \text{TEMPO VARIÁVEL (Tv)}$$

(2) Tempo Fixo - É o tempo gasto em outras operações, que não o transporte de ida e o retorno vazio. Este tempo pode ser estimado no campo, ou tomados como guia os dados da Tabela 10-7.

(3) Tempo Variável - É determinado pela fórmula:

$$\text{Tempo variável (min)} = \frac{\text{Percurso de ida (m) x 0,06}}{\text{Velocidade de ida (km/h)}} + \frac{\text{Percurso de volta (m) x 0,06}}{\text{Velocidade de volta (km/h)}}$$

**b. Determinar a capacidade de carga** (Tab 10-5).

**c. Determinar o fator de eficiência** (Tab 10-4) - O fator eficiência depende do conjunto trator e SCRAPER, e pode ser considerado a Tab 10-4.

**d. Estimar a produção, empregando a fórmula:**

$$P = \frac{Q \cdot F_{et} \cdot 60}{T_{cmin}}$$

P = Produção em m³/h, por "scraper", (material solto)
Q = Capacidade da caçamba (m³ de material solto carga coroada)
$F_{et}$ = Fator de eficiência Tab 10-4
$T_{cmin}$ = Tempo de ciclo mínimo

**e. Estimar a duração do trabalho**

$$\text{Duração do trabalho (hora)} = \frac{f_c \text{ x m}^3 \text{ de material no corte}}{\text{m}^3 \text{ de material solto transportado/h}}$$

Sendo "$f_c$" o fator de conversão, obtido na Tab 10-7

$$\text{Produção horária (Q)} = \frac{\text{Capacidade Caçamba (m}^3 \text{ x } F_{et} \text{ x 60}}{T_{cmin}}$$

**OBSERVAÇÃO** - Capacidade da caçamba com material solto e carga coroada. Utilize a Tab 10-5 e Tab 10-7

| TIPO DE SOLO | CONDIÇÃO DO SOLO | CONVERTIDO EM "Fc" | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ESTADO NATURAL | SOLTO | COMPACTADO |
| ARGILA | Estado natural | 1,00 | 1,43 | 0,90 |
| | Solto | 0,70 | 1,00 | 0,63 |
| | Compactado | 1,11 | 1,59 | 1,00 |
| TERRA COMUM | Estado natural | 1,00 | 1,25 | 0,90 |
| | Solto | 0,80 | 1,00 | 0,72 |
| | Compactado | 1,11 | 1,39 | 1,00 |
| AREIA E CASCALHO | Estado natural | 1,00 | 1,11 | 0,95 |
| | Solto | 0,90 | 1,00 | 0,86 |
| | Compactado | 1,05 | 1,17 | 1,00 |
| ROCHA EXTRAÍDA POR MEIOS DE EXPLOSIVOS, CALCÁRIOS E EQUIVALENTES COMPACTOS | Estado natural | 1,00 | 1,50 | 1,30 |
| | Solto | 0,67 | 1,00 | 0,87 |
| | Compactado | 0,77 | 1,15 | 1,00 |

Tab 10-7. Fator de conversão

**f. Exemplo -** Quanto tempo levará para remover 500 m³ de argila (medidos no corte) para uma distância de transporte de 1.500 m com um motoscraper CAT 621? A estrada de transporte é deficiente, o trabalho é realizado durando o dia, à base de 45 minutos de efetivo trabalho em cada hora, com um D-8 fazendo "pusher". Faz o percurso do corte ao aterro em 3ª marcha e uma velocidade de 30 Km/h e retorna em 4ª marcha a uma velocidade de 40 Kmh.

(1) Tempo de ciclo

- A Tab 10-7 fornece para tempo fixo = 2,0 min

- Tempo variável = $\frac{1.500 \times 0,06}{30} + \frac{1.500 \times 0,06}{40} = 5,25$ min

- Tempo de ciclo: $T_c = 2,0$ min + 5,25 min = 7,25 min

(2) Capacidade de carga do "scraper" (coroada) - Da Tab 10-6:
Q = 15,3 m³
(3) Fator de eficiência - Da Tab 10-5: $F_{ef} = 0,83$ (operação diurna)
(4) Produção em m³/h (material solto)

$$P = \frac{Q \times F_{ef} \cdot 60}{T_{cmin}} + \frac{15,3 \times 0,83 \times 60}{7,25} \quad P = 105,0 \text{ m}^3\text{/h de material solto}$$

(5) Tempo requerido para terminar o trabalho
(a) Da Tab 10-8, fator de conversão (argila): f = 1,43
Fator de conversão x m³ de mat a ser removido
(b) Duração do trabalho = m³ de mat solto transportado por hora

(c) Duração do trabalho = $\frac{1,43 \times 500}{105,0} = 6,81$ horas ≅ 6 horas e 49 min

## 10-6. MOTONIVELADORAS

### a. Regras para se obter máxima produção

| REGRAS | CONSEQÜÊNCIA |
|---|---|
| Trecho de até 300 m: retorno de marcha à ré | aumenta a produção em até 15% |
| Trecho com mais de 300 m: retorno com manobra | aumenta a produção em até 10% |

Tab 10-8. Regra para máxima produção da MN

### b. Capacidade de produção das motoniveladoras

| OPERAÇÃO | PRODUÇÃO HORÁRIA | CONDIÇÕES |
|---|---|---|
| Valeteamento | 191 m³ | Valeta em "V", terreno moderado |
| | 115 m³ | Valeta em "V", terreno médio |
| | 65 m³ | Valeta em "V", terreno duro |
| Nivelamento Acabamento | 320 m | Construindo valetas laterais e acabando o leito, realizando 4 viagens de ida e volta |
| Preparação do subleito | 334 m² | Escarificando e dando conformação final |
| Base com material granulado | 153 m³ | Espalhando o material |
| | 305 m³ | Dando conformação à superfície e espalhando |
| Revestimento asfáltico preparado no local | 125 m² | Mistura de material betuminoso no local. A motoniveladora espalha uma camada de 5 cm |

Tab 10-9. Capacidade de produção das MN

## 10-7. EQUIPAMENTO DE COMPACTAÇÃO

| TIPO DE COMPACTADOR | EMPREGO | VELOCIDADE DE COMPACTAÇÃO Km/h |
|---|---|---|
| Rolo de pneus | Bases de brita, cascalho, revestimento asfáltico e base de solo natural. | 7 a 8 |
| Rolo corrugado | Todos os tipos de solo, exceto areia, rocha e brita. | 4 a 6 |
| Rolo de grid | Consolidação de aterros, trituração de rocha e desintegração de material betuminoso. | 4 a 6 |
| Rolo tamping | Todos os tipos de solo silto-argiloso. | 8 a 12 |
| Rolo liso | Revestimentos asfálticos e bases uniformes. | 4 a 6 |
| Rolo manual | Todos os tipos de solo natural, exceto rochoso. | - |
| **OBSERVAÇÃO**: nos equipamentos vibratórios a velocidade reduzirá para 1,6 a 2,5 km/h. | | |

Tab 10-10. Velocidades e emprego dos rolos compactadores

## 10-8. ESCAVADEIRAS MECÂNICAS

**a. Produção horária (m³/h) estimada das escavadeiras com caçamba tipo colher (shovel), com motor Diesel.**

| TIPO DE MATERIAL | CAPACIDADE DA CAÇAMBA (em m³ e yd³) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m³ / yd³ | 0,57 (3/4) | 0,75 (1) | 0,94 (1 1/4) | 1,13 (1 1/2) | 1.32 (1 3/4) | 1,53 (2) | 1,87 (2 1/2) | 2,29 (3) | 2,62 (3 1/2) | 3,06 (4) | 3,37 (4 1/2) | 3,82 (5) | 4,59 (6) |
| Limo úmido ou argila arenosa | 126 | 157 | 191 | 218 | 245 | 271 | 310 | 358 | 401 | 443 | 485 | 524 | 608 |
| Areia e cascalho | 119 | 153 | 176 | 206 | 229 | 252 | 298 | 344 | 386 | 424 | 459 | 493 | 566 |
| Terra comum | 103 | 134 | 161 | 183 | 206 | 229 | 271 | 310 | 348 | 390 | 428 | 463 | 524 |
| Argila compacta e dura | 84 | 111 | 138 | 161 | 180 | 203 | 237 | 275 | 310 | 344 | 375 | 405 | 463 |
| Rocha bem fragmentada | 73 | 96 | 119 | 138 | 157 | 176 | 210 | 245 | 279 | 313 | 348 | 382 | 440 |
| Escavação com pedras e raizes | 61 | 80 | 99 | 119 | 138 | 153 | 187 | 222 | 256 | 291 | 321 | 352 | 413 |
| Argila úmida e pegajosa | 54 | 73 | 92 | 111 | 126 | 141 | 178 | 206 | 237 | 264 | 294 | 321 | 375 |
| Rocha mal fragmentada | 38 | 57 | 73 | 88 | 107 | 122 | 149 | 180 | 206 | 233 | 260 | 287 | 336 |

**CONDIÇÕES:** 1) Volume da produção medida no corte;
2) 100% de costância (60 min por hora);
3) Viragem de 90°
4) Coeficiente de carga de caçamba já considerado
5) Altura de corte ótima;
6) Máquina em nivel;
7) Todo o material é despejado em unidade de transporte

Tab 10-11. Produção horária das escavadeiras com caçamba (Shovel)

**b. Produção horária estimada de escavadeiras Diesel com caçamba de arrasto (Drag-line).**

| TIPO DE MATERIAL | CAPACIDADE DA CAÇAMBA (em m³ e yd³) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| yd³ / m³ | 3/4 (0,57) | 1 (0,75) | 1 1/4 (0,94) | 1 1/2 (1,13) | 1 3/4 (1,32) | 2 (1,53) | 2 1/2 (1,87) | 3 (2,29) | 3 1/4 (2,44) | 4 (3,06) | 4 1/2 (3,37) | 5 (3,82) |
| Terra úmida ou argila arenosa | 99 | 122 | 149 | 168 | 187 | 203 | 233 | 268 | 298 | 356 | 386 | 413 |
| Areia e pedregulho | 96 | 119 | 141 | 161 | 180 | 195 | 226 | 260 | 291 | 348 | 378 | 405 |
| Terra comum | 80 | 103 | 126 | 145 | 161 | 176 | 203 | 233 | 260 | 287 | 313 | 340 |
| Argila compacta e dura | 69 | 84 | 103 | 122 | 138 | 149 | 176 | 206 | 233 | 260 | 287 | 313 |
| Argila úmida e pegajosa | 42 | 57 | 73 | 84 | 99 | 111 | 134 | 161 | 183 | 206 | 229 | 252 |

**CONDIÇÕES:** 1) Volume da produção medida no corte;
2) 100% de costância (60 min/hora);
3) Viragem de 90°
4) Coeficiente de carga da caçamba já considerado

Tab 10-12. Produção estimada de escavadeira com caçamba de arrasto (Drag-line)

## ARTIGO II

## EQUIPAMENTO LEVE

### 10-9. MOTOSERRA (SERRA DE CADEIA)

**a. Características**

| CARACTERÍSTICA | STHIL 076AV | STHIL 085 | STHIL 051AV |
|---|---|---|---|
| Cap. tanque litros | 1,2 | 0,75 | 0,9 |
| Proporção de óleo 2 T | 1 : 25 | 1 : 25 | 1 : 25 |

Tab 10-13. Características das motoserras

**b. Operação**

1) Tensão da corrente

a) Correta quando, em temperatura ambiente, a corrente encosta na parte inferior do sabre e ainda puder ser puxada com a mão sobre o mesmo.

b) Afrouxar após operação

2) Técnicas de corte

a) Madeira sob tensão - Cortar primeiro do lado da pressão, depois, do lado da tração

b) Determinar a direção da queda

c) Limpar o pé do tronco

d) Fazer o entalhe direcional mais profundo (1/5 do diâmetro do tronco) do que alto, perpendicular à direção de queda

e) Fazer os cortes de cunha em ambos os lados do tronco, perpendicularmente ao entalhe (árvores de madeira resinosa, cortada no verão), no plano de corte de abate seguinte e menos fundo que a largura do sabre

f) Fazer o corte de abate mais alto que a superfície do entalhe direcional, sem cortar o filete de ruptura, utilizando leque simples, múltiplo e corte central

g) Aplicar cunhas

3) Abertura de clareiras - 10.000 m²

| EFETIVO EMPENHADO | 20 HOMENS COM MACHADO |
|---|---|
| TEMPO EMPREGADO | 20 horas de luz |
| MATERIAL NECESSÁRIO | 02 Motoserras<br>30 l gasolina<br>1,51 l óleo 2 T<br>09 l óleo SAE 30<br>60 kg TNT |

Tab 10-14. Produção para desmatamento com motoserra

## 10-10. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

### a. Resistência de condutores

| NÚMERO AWG | OHMS / KM |
|---|---|
| 18 | 21,34 |
| 16 | 13,40 |
| 14 | 8,46 |
| 12 | 5,31 |
| 10 | 3,34 |
| 08 | 2,10 |
| 06 | 1,32 |
| 05 | 1,05 |
| 04 | 0,83 |
| 03 | 0,67 |

Tab 10-15. Bitola de fios condutores

### b. Necessidade de potência por localidade

| ESPECIFICAÇÃO | WATTS/m² |
|---|---|
| Depósito de material | 1,8 |
| Alojamentos | 1,8 |
| Locais de recreação | 8,0 |
| Locais de estacionamento | 0,03 |
| Posto de comando | 10,0 |
| Rancho e cozinha | 10,0 |
| Locais de trabalhos burocráticos, desenhos, etc. | 10,0 |
| Cinemas ou teatros | 10,0 |
| Hotéis, restaurantes ou clubes | |
| - salões | 20,0 |
| - quartos e dependências | 10,0 |
| Escolas | 20,0 |
| Hospitais | 10,0 |
| Residências | |
| - salas de jantar, visitas, etc. | 15,0 |
| - cozinhas, banheiros e quarto | 10,0 |
| **OBSERVAÇÃO**: para iluminação externa, área descoberta, pontos de luz, espaçados de 60 m, tendo cada ponto 100 Watts. | |

Tab 10-16. Potências necessárias por metro quadrado de ambiente

| Tipo de Barraca | Uso como PC, trabalhos burocráticos, rancho (Watts) | Uso como depósito ou alojamento (Watts) |
|---|---|---|
| Oficial | 40 | 40 |
| Comando | 120 | 25 |
| 10 praças | 200 | 40 |
| Cozinha | 200 | 40 |
| Toldo | 250 | 250 |
| **OBSERVAÇÃO:** a potência necessária para iluminação de áreas residenciais deverá ser igual a dez vezes a área em metros quadrados. | | |

Tab 10-17. Potências padronizadas para alguns ambientes

**c. Exemplo -** Iluminar um acampamento composto por duas barracas de 10 praças, um toldo e uma cozinha. Dimensionar a quantidade de lâmpadas:

Material disponível:
200 m de fio duplo nº 8
gerador de 5 KVA-110 Volts
lâmpadas de 110 Volts

(1) Encontrar as potências necessárias para cada ambiente na tabela 10-16 / 10-17.
uma barraca de 10 praças - 40 W
um toldo para PC - 250 W
cozinha - 200 W

(2) Encontrar a voltagem "i" para cada lâmpada ou setor: P = u x i
40 = 110 x i i = 0,36A (por barraca)
250 = 110 x i i = 2,28A
200 = 110 x i i = 1,82A

(3) Encontrar o somatório de "i"
$\Sigma i = 0,36 + 0,36 + 2,28 + 1,82 = 4,82A$

(4) Desenhar o circuito fazendo a distribuição da Amperagem
4,82 - 0,36 = 4,46 A
4,46 - 0,36 = 4,10 A
4,10 - 2,28 = 1,82 A
1,82 - 1,82 = 0

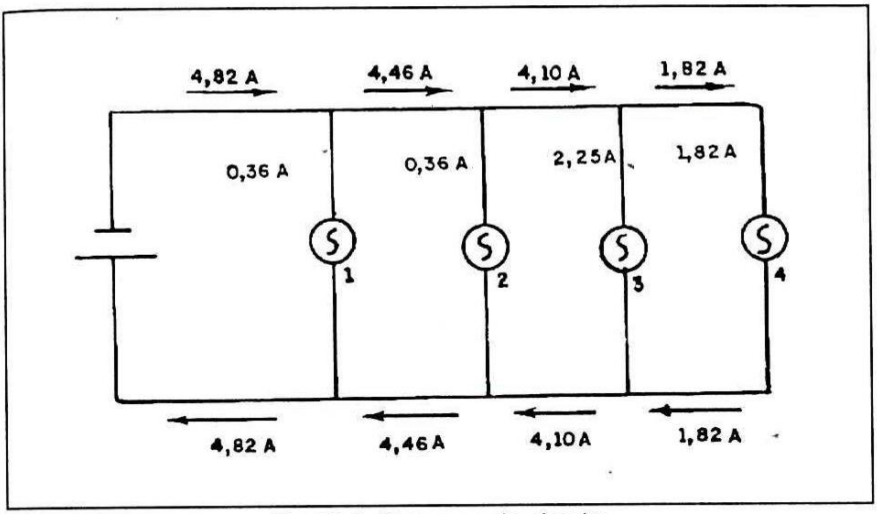



Fig 10-1. Esquema do circuito

(5) Perdas nos trechos (Tab 11-17)

$$P = R \times i^2 \qquad R = \frac{2{,}1 \times 100\ m}{1000} = 0{,}21$$

$0{,}21 \times (4{,}82)^2 = 4{,}88$ W
$0{,}21 \times (4{,}46)^2 = 4{,}18$ W
$0{,}21 \times (4{,}10)^2 = 3{,}53$ W
$0{,}21 \times (1{,}82)^2 = 0{,}70$ W

6) Total das perdas em potência
$\Sigma P = 4{,}88 + 4{,}18 + 3{,}53 + 0{,}70 = 13{,}29$ W

7) Potência necessária para o circuito
$P_{total}$ = Perdas + Pconsumida
$P_{total} = 13{,}29 + (40 + 40 + 250 + 200) = 543{,}29$ W
**Observação**: 1 KVA = 1000 Watts

8) Conclui-se que o gerador suporta o circuito
5 KVA > 543,29 W

10-11. BOB CAT

**a. Implementos** - Carregadeira, retroescavadeira, niveladora, lâmina-dozer e empilhadeira

**b. Dados Gerais**

- Combustível OD
- Capacidade do Tanque: 95 l
- Potência do motor: 50 Hp a 3600 rpm.
- Peso máximo com implemento: 2948 Kg
- Comprimento: 3264 mm
- Largura: 1563 mm
- Altura: 2055 mm

**c. Dados de operação disponíveis**

(1) Carregadeira

- Carga rasa: 0,30 $m^3$
- Carga coroada: 0,38 $m^3$
- Capacidade de carga: 770 Kg
- Carga de tombamento: 1550 Kg
- Alcance da caçamba (altura máxima de $45^0$): 5000 mm
- Altura de descarga: 3038 mm

(2) Empilhadeira

- Capacidade de carga: 770 Kg

# CAPÍTULO 11

# RECONHECIMENTO DE ENGENHARIA

## ARTIGO I

## GENERALIDADES

### 11-1. DEFINIÇÃO

Reconhecimento de Engenharia é o trabalho técnico desenvolvido em campanha com o objetivo de obter informes de Engenharia. O reconhecimento, normalmente, precede as operações mas não deverá retardá-las. Todo o pessoal de reconhecimento deve estar ciente da importância do fator tempo. Informes oportunos, mesmo incompletos, são valiosos; informes completos, recebidos demasiadamente tarde, terá pouco ou nenhum valor.

### 11-2. FINALIDADE

Sua finalidade é a obtenção, no terreno, de informes pormenorizados, que serão utilizados:

**a.** pelo comandante do escalão apoiado e seu estado-maior, tendo em vista o planejamento das operações.

**b.** pelo oficial de Engenharia no desempenho de qualquer atividade de campanha, para torná-lo apto a fazer estimativas de pessoal, material, equipamento e prazos necessários ao cumprimento de suas missões.

**c.** pelos órgãos de informações de outros comandos.

## 11-3. TIPOS DE RECONHECIMENTO DE ENGENHARIA

**a.** Reconhecimento geral - É aquele que visa a obter informes de Engenharia sobre o terreno, itinerários, rodovias, cursos de água, etc, numa determinada área. Pode ser sumário ou detalhado, dependendo do tempo disponível e das possibilidades do pessoal que o realiza.

**b.** Reconhecimento especial - É aquele que visa a obter informes pormenorizados para uma tarefa específica ou situação. Ele, normalmente, segue-se ao primeiro, completando-o com a coleta de informes minuciosos relativos a determinado(s) assunto(s).

**c.** O reconhecimento de Engenharia busca obter dados sobre:
(1) itinerários;
(2) rodovias e ferrovias;
(3) pontes;
(4) vaus;
(5) balsas;
(6) obstáculos;
(7) aspectos militares do terreno;
(8) materiais e equipamentos de Engenharia;
(9) atualização de cartas;
(10) localidades;
(11) suprimento de água;
(12) cursos de água;
(13) estabelecimento de barreiras;
(14) areas para estacionamento;
(15) equipamentos e depósitos de combustíveis;
(16) instalações;
(17) portos;
(18) locais de construção;
(19) campos de pouso;
(20) recursos locais;
(21) túneis; e
(22) outros assuntos.

## 11-4. ORDEM DE RECONHECIMENTO

**a.** Devem ser claras, completas e conter instruções que esclareçam a quem e quando serão enviados os relatórios. Geralmente, usa-se um modelo-padrão (Fig 11-1), a fim de acelerar a expedição dessas ordens e evitar omissões.

**b.** As ordens para um reconhecimento devem especificar:

(1) extensão e finalidade; o que deve ser especialmente anotado; pormenores e prioridades.

(2) área em que deve ser realizado o reconhecimento, incluindo limites e acidentes de interesse especial.

(3) quando, onde e a quem o relatório deve ser entregue.

(4) quaisquer outras informações ou instruções necessárias, para que a missão fique clara para o chefe da equipe.

ORDEM DE RECONHECIMENTO Nr 3

**81º BE Cmb**
Unidade

**031800 Jun**
(Em vigor)

Ao **Ch Tu Rec**
Cartas e Escala: **Crt RJ - Fl Sta CRUZ - PARACAMBÍ - 1:50.000**
Entrega do Relatório ao **S2/81º BE Cmb (PC) às 041300 Jun**
(Função e Localização) (Data e hora)

1. MISSÃO
   - Reconhecer a Pnt sobre o Valão do PILOTO.
2. PERCURSO A SEGUIR AV. BRASIL - **Estr dos BANDEIRANTES**
3. MEDIDAS DE SEGURANÇA A ADOTAR **A critério do ChTu Rec.**
4. EFETIVO DA PATRULHA **Mesmo da Tu Rec.**
5. INSTRUÇÕES PARTICULARES **Especial atenção para a natureza das margens. Verificar as condições de potabilidade.**

Cap Y

(Posto e função)
S2/81º BE Cmb

Fig 11-1. Modelo de ordem de reconhecimento

## 11-5. RELATÓRIO DE RECONHECIMENTO DE ENGENHARIA

A figura 11-2 mostra um modelo geral para relatório de reconhecimento de engenharia.

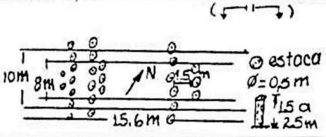
| RELATÓRIO DE RECONHECIMENTO DE ENGENHARIA | | | | Fl 1 de 2 Fl |
|---|---|---|---|---|
| RELATORIO Nr 1 | | | ENCARREGADO<br>1º Ten Paoli<br>1º/2º/81º BECmB | LOCAL-DATA-HORA<br>Agulhas Negras<br>141600Nov94 |
| CARTA | | | | |
| ENTREGA A | | | | |
| Nr de ordem | Objeto | Hora | Estimativa de Trabalho | OBSERVAÇÕES - CROQUIS |
| 1 | Obt estacas de madeira - 59 estacas de 0,5 mm | 0900 | 2 horas | Coord 37-44 - Obt de estacas de madeira na Rv 20. 59 estacas, em 6 linhas, distando 1,5 m entre si. Não batido pelo fogo; não há armadilhas; o desbordamento é muito difícil<br>  |
| 2 | Eqp Mec Retro escavadeira | 0940 | Não | Coord 38-46 - Eqp abandonado p/ini 2 Retro Massey c/ caçamba 15 m³ hidráulica; sem armadilha; ótimo estado. |
| 3 | Estação tratamento água (ETA) | 1100 | Não | Coord 37-44 - Estação de tratamento de água de "Olindinha" funcionando.<br>Vazão = 300.000 l/dia. |
| Estimativa de Trabalho - no verso | | | | |
| Nome de Guerra, Posto e Unidade<br>PAOLI, 1º Ten 81º BECmb | | | ASSINATURA | |

Fig 11-2. Modelo geral para Rel Rec Eng

| ESTIMATIVAS DE TRABALHO | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr de Ordem | Descrição do Trabalho | Nec de Pel e Eng | HORA | Equipamento | | | Material | | |
| | | | | TIPO | Nr | HORA | TIPO | UNIDADE | QUANTIDADE |
| 1<br>C = 1.8 D²<br>1.8 x 50 ² = 45<br>4,5 x 59 = 300 kg | Destruição de poste de madeira de um campo de estaca. | 1 | 2 | Eqp Dst Nr 1 | 1 | 2 | TNT cordel espoletas acendedor | Kg - m<br>1<br>1 | 300 - 200<br>5<br>5 |

Fig 11-2. Modelo geral para Rel Rec Eng (continuação) - verso

## ARTIGO II

## RECONHECIMENTO DE ITINERÁRIOS

### 11-6. FINALIDADE

**a.** O reconhecimento de itinerários possibilita a atualização de cartas, a determinação da quantidade e o tipo de viaturas que podem trafegar nas rodovias em suas condições existentes e, ainda, a estimativa de trabalhos necessários de reparação, melhoramentos e conservação (ver parágrafo 5-10 - Capacidade de Suporte de Rodovias).

**b.** Este reconhecimento fornece dados sobre: natureza do terreno, características das rodovias, restrições ao longo da estrada e características das pontes, túneis e vaus.

### 11-7. RELATÓRIO DE RECONHECIMENTO DE ITINERÁRIOS

**a.** O relatório deverá ser claro, conciso e preciso. De preferência, será apresentado sob a forma de um esboço ou calco, contendo convenções cartográficas e símbolos de reconhecimento (Fig 11-3 e tabela 11-1).

**b.** Quando se desejarem maiores detalhes sobre os informes, deverão ser anexados ao calco ou esboço de reconhecimento de itinerário relatórios escritos dos reconhecimentos de rodovias, pontes, túneis, vaus e balsas, se for o caso.

**c.** Sempre que possível, cartas e fotografias devem acompanhar o relatório.

### 11-8. CALCO OU ESBOÇO DO RECONHECIMENTO DE ITINERÁRIOS (Fig 11-3)

Deverão constar no calco ou esboço:

**a.** dois cruzamentos de quadrículas ou dois pontos notáveis.

**b.** norte magnético.

**c.** itinerário(s) desenhado(s) em escala.

**d.** identificação do calco.

**e.** fórmulas de classificação dos itinerários.

**f.** símbolos de reconhecimento constantes da tabela nr 11-1.

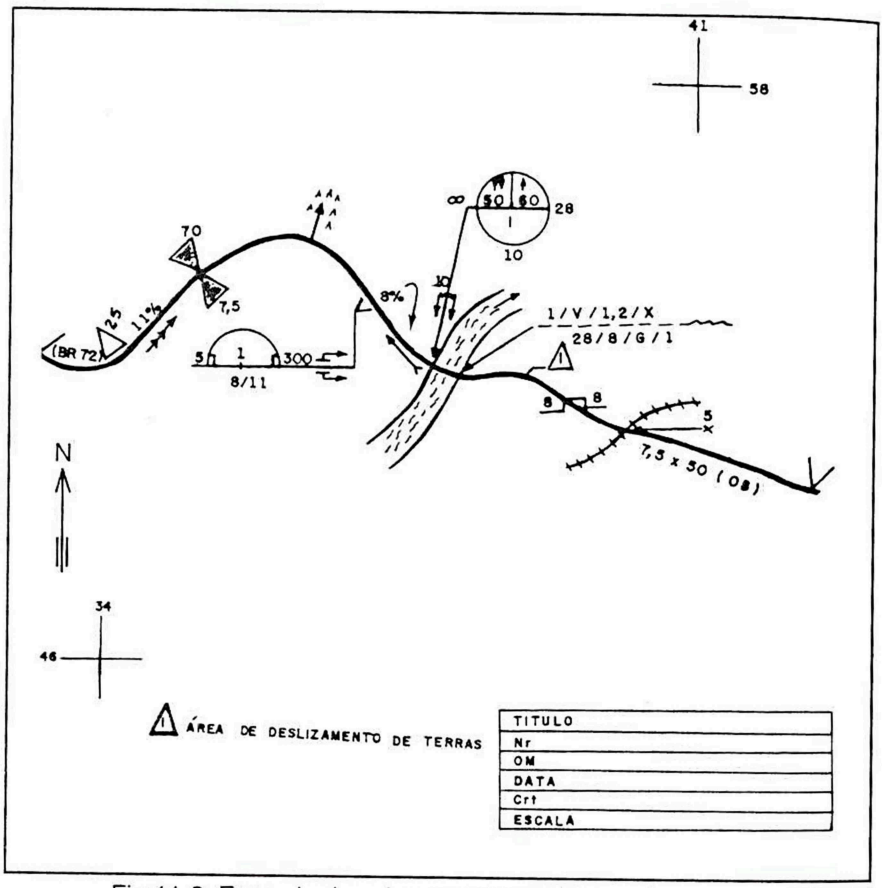
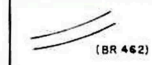
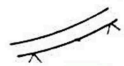
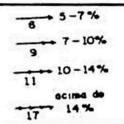
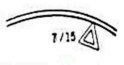
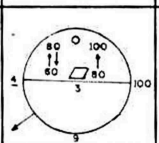
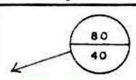
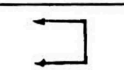
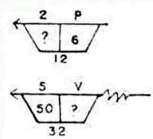
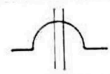
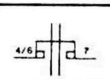
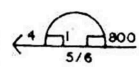
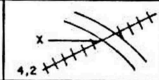
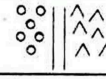
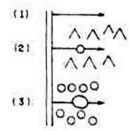


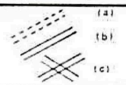
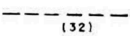

Fig 11-3. Exemplo de calco ou esboço de reconhecimento

| Nº DE ORDEM | SIGNIFICADO | SÍMBOLO | OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|---|
| 1 | Designação civil ou militar da Estr |   | Designação escrita entre parênteses ao longo da Estr |
| 2 | Ponto Crítico | | Para ser numerado e descrito em legenda. Os pontos críticos poderão ser usados em RESTRIÇÕES que não tenham símbolos adequados. |
| 3 | Limites de Trecho |  | Limites do itinerário reconhecido. |
| 4 | Fórmula de classificação de itinerários | 10,5 X 120<br>6 mZ 8 (OB)<br>9 my 20 (OB) (w) | Ordem de apresentação:<br>Largura da pista, tipo, classe, restrições, se houver, e enchentes ou nevadas regulares<br>X - Rv transitável todo o ano<br>Y - Rv transitável todo o ano C tráfego limitado em períodos chuvosos<br>Z - Rv transitável somente em tempo bom<br>T - Nevadas regulares<br>W - Enchentes regulares |
| 5 | Rampas |   | As setas apontam a direção de subida. À direita do símbolo é colocada a inclinação da rampa em percentagem. O comprimento da seta representa a extensão da rampa se à escala da carta permitir. |
| 6 | Curva Fechada | | O vértice do triângulo aponta para a localização da curva na carta. O Nº representa o raio da curva em metros. |
| 7 | Sequência de curvas fechadas |   | O Nº à esquerda representa o Nº de curvas; o Nº à direita, o raio em metros da curva mais fechada. |
| 8 | Símbolo completo de pontes |   | Na parte externa do círculo: a seta aponta para o local da Pnt: sob o círculo é indicada a largura mínima da Pnt (entre rodapés): à esquerda, o gabarito: à direita, o comprimento total.<br>Na parte interna do círculo: na metade inferior é indicado o Nº de ordem da Pnt: na metade superior, a classe da Pnt para Vtr sobre rodas e sobre lagartas. Sublinhar os valores inferiores aos padronizados para a classe indicada. |
| 9 | Símbolo abreviado para Pnt |   | A seta indica o local da Pnt. Dentro do círculo, na parte inferior, é indicado o Nº de ordem da Pnt: na parte superior, a classe da Pnt. |
| 10 | Vau | | A seta indica a localização do vau. Os dados acima da linha indicam em sequência: Nº de ordem, tipo de vau, velocidade da correnteza (m/s) e fator de variação anual. Os dados abaixo da linha indicam em sequência: comprimento do vau, largura, material do fundo e profundidade (m) Acessos difíceis ao vau são representados por uma linha em ziguezague que corresponde à posição em que o acesso está localizado. O ponto de interrogação indica um dado desconhecido.<br>Tipo de vau: V - viaturas; P - tropa a pé<br>Fator de variação anual: X - nenhuma variação; Y - variação de vulto<br>Material do fundo: M - Silte; G - Pedregulho; C - Argila; R - Rocha; S - Areia; P - Pavimentopconstruído |
| 11 | Contorno de fácil utilização |  | Utilizado juntamente com os símbolos de Pnt e túneis. Indica a possibilidade de utilização de um contorno próximo, dispensando trabalhos. |

Tab 11-1. Símbolos de Reconhecimento

| Nº DE ORDEM | SIGNIFICADO | SÍMBOLO | OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|---|
| 12 | Contorno de difícil utilização | | Utilizado juntamente com os símbolos de Pnt e túneis. A sua utilização exige alguns trabalhos. |
| 13 | Contorno impossível | | Utilizado juntamente com os símbolos de Pnt e túneis. O contorno nas proximidades é impossível. |
| 14 | Balsa |   | A seta indica o local da balsa. Os dados acima do símbolo indicam o Nº de ordem e o tipo da balsa. Os dados dentro do símbolo expressam a Classe e o peso próprio da balsa em t. O Nº abaixo do símbolo indica o tempo de deslocamento em minutos. A interrogação indica um dado desconhecido. Os acessos difíceis são representados por uma linha em ziguezague, que indica a localização desse acesso.<br>Tipos de balsa: V - Viaturas; P - Pedestres |
| 15 | Redução de Largura | | O Nº à esquerda indica a largura da pista no trecho em que há redução e o da direita, a extensão; ambas as medidas em metros. |
| 16 | Passagem sob um arco com restnção |  | À esquerda do símbolo é colocada a largura e à direita o gabarito, em metros. Os gabaritos mínimo e máximo, se diferentes, deverão ser indicados. |
| 17 | Passagem sob uma estrutura retangular com restnção |   | À esquerda é indicada a largura da pista, seguida pela largura total ou vão da estrutura, incluindo muretas se houver. A direita, o gabarito. Todas as medidas em metros. |
| 18 | Túnel |   | A seta indica a localização do túnel na Crt. Dentro do símbolo é colocado o Nº de ordem. Abaixo, é indicada a largura da pista seguida pela largura total, incluindo as muretas.<br>À esquerda, o gabarito do túnel. À direita, o comprimento total.<br>Todas as medidas em metros. Uma interrogação indica um dado desconhecido. Os contornos são representados pelos símbolos respectivos (Nº 11, 12 e 13). |
| 19 | Passagem de nível |   | A passagem de trens poderá interromper o tráfego de Vtr. O número indica em metros a altura do solo até a linha de alta tensão (se houver). |
| 20 | Cobertura | | Estr margeada de árvores em linha. Árvores de folhas temporárias (círculos). Árvores de folhas permanentes (pequenos ângulos). |
| 21 | Coberta |  | Bosques margeando a Estr: árvores de folhas temporárias (círculos). Árvores de folhas permanentes (pequenos ângulos). |
| 22 | Possibilidade de deslocamento fora da Estr |   | (1) O deslocamento fora da Estr é possível.<br>(2) Deslocamento para Vtr de rodas sob coberta de árvores de folhas permanentes.<br>(3) Deslocamento para Vtr de lagartas sob coberta de árvores de folhas temporárias. |

Tab 11-1. Símbolos de Reconhecimento (Continuação)

| Nº DE ORDEM | SIGNIFICADO | SÍMBOLO | OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|---|
| 23 | Obstáculos (blocos de concreto, crateras, destruições, etc) |   | O centro do símbolo indica a posição do Obt (a) planejado (b) preparado (c) realizado |
| 24 | Estrada transversal ou de rocada |   | Linha tracejada; identificada por um Nº par. |
| 25 | Estrada penetrante |   | Linha cheia; identificada por um Nº impar. |
| 26 | Dado desconhecido ou duvidoso | ? | |
| 27 | Área de estacionamento | | |
| 28 | Posto de controle de trânsito | | |

Tab 11-1. Símbolos de Reconhecimento (Continuação)

## 11-9. FÓRMULA DE CLASSIFICAÇÃO DE ITINERÁRIOS

É uma expressão padronizada que deverá ser escrita nos calcos, ao longo das rodovias ou em um quadro à parte, em legenda. Compõe-se das seguintes notações em sequência: largura da pista, tipo de rodovia, classe da rodovia, restrições e condições especiais, se houver.

**a. Largura da pista -** É a largura da pista em metros, na seção mais estreita.

**b. Tipo de rodovia -** De acordo com a capacidade que tenha a rodovia de resistir às condições meteorológicas, existem 3 tipos de rodovias:

(1) tipo X - rodovia transitável todo o ano. É aquela em que uma conservação razoável permite o trânsito durante todo o ano para um volume de tráfego nunca apreciavelmente menor que o da sua capacidade máxima em tempo seco. É dotada de uma superfície impermeável e só é afetada ligeiramente pelas condições meteorológicas. Salvo quando destruída pela neve, estará sempre livre para o trânsito, independentemente dos efeitos meteorológicos. Exemplos: rodovias de concreto de cimento Portland, concreto asfáltico, paralelepípedos, etc.

(2) tipo Y - rodovia transitável todo o ano, com decréscimo de tráfego em períodos chuvosos. É a rodovia que, com uma conservação razoável, permite o trânsito durante o ano inteiro, mas que, em períodos chuvosos, terá um apreciável decréscimo na sua capacidade de trânsito. As estradas deste tipo não possuem revestimento impermeável e são afetadas pelas precipitações e variações climáticas. O tráfego poderá ser completamente suspenso por curtos períodos. A utilização irrestrita da estrada nos períodos desfavoráveis poderá acarretar uma destruição total do seu revestimento. Exemplos: rodovias com macadame hidráulico, pedregulho, etc.

(3) tipo Z - rodovia transitável somente em tempo bom ou seco. É a rodovia que se torna rapidamente intransitável quando submetida a condições meteorológicas desfavoráveis, não podendo ser utilizada mesmo com trabalhos de vulto. Nestas situações, o tráfego poderá ser interrompido ou mesmo totalmente suspenso por grandes períodos. Exemplos: rodovias de solo natural, estabilizado, areia ou argila.

**c. Classe de rodovia -** Normalmente, a menor classe das pontes existentes na rodovia determina a classe da rodovia. Quando não existirem pontes, a classe será dada pela pior seção da rodovia. (Ver parágrafo 5-9)

**d. Restrições -** São consideradas restrições quaisquer fatores que restrinjam o tipo, a capacidade ou a velocidade do tráfego em um itinerário. As restrições, com exceção da capacidade de suporte das pontes (classe), que já consta da fórmula de classificação de itinerários, são simbolizadas pela expressão (OB) escrita entre parênteses. As restrições serão detalhadas no calco ou esboço pelos símbolos de reconhecimento ou em relatórios anexos ao calco. Constituem restrições:

(1) gabaritos menores que 4,3 m em pontes, túneis, fios e passagens sob estruturas diversas.

(2) redução na largura das pistas, para valores inferiores aos apresentados nas tabelas 5-2 e 11-2. Exemplos: estradas com crateras, estradas em áreas minadas, estradas com entulho nas pistas.

(3) rampas da estrada com inclinação de 7% ou maiores.

(4) curvas fechadas, com raios menores do que 30 m.

(5) balsas existentes.

(6) vaus.

**e. Condições especiais -** São consideradas condições especiais as nevadas e as enchentes, quando forem de vulto e periódicas. Na fórmula de classificação de itinerários, as nevadas são simbolizadas pela expressão (T) e as enchentes pela expressão (W).

**f. Exemplos da fórmula de classificação de itinerários:**

(1) 6,7 M Y 30

Rodovia com pista de 6,7 metros de largura, transitável todo o ano, com decréscimo de tráfego em períodos chuvosos, classe 30, sem restrições.

(2) 7 m Z 10 (OB) (W)

Rodovia com pista de 7 metros de largura, transitável somente em tempo bom ou seco, classe 10, possui restrições e é sujeita a enchentes ( o tipo de restrições será descrito no calco por meio de símbolos de reconhecimento).

## ARTIGO III

## RECONHECIMENTO DE RODOVIAS

11-10. FINALIDADE

O reconhecimento de rodovias é feito para ser determinada a capacidade de tráfego das rodovias e para se obter um maior número de dados não contidos na fórmula de classificação de itinerário. Serve para complementar o calco ou esboço de reconhecimento de itinerários. Constam no relatório de reconhecimento de rodovias (ver modelo de relatório na figura 11-4):

**a.** designação da rodovia.

**b.** localização da rodovia na carta por meio de coordenadas.

**c.** restrições, que incluem passagens sob estruturas, vaus, galhos grandes de árvores, crateras, áreas sujeitas a inundação, etc.

**d.** localização das pontes.

**e.** localização de túneis, indicando comprimento, largura e altura.

**f.** localização e volume estimado de neve sobre a rodovia.

**g.** outros pontos críticos.

**h.** estimativa dos trabalhos (se for o caso).

**i.** fórmula de classificação de rodovias (Tab 11-5).

| Possibilidades de tráfego | Largura p/Vtr de rodas | largura p/ Vtr de lagartas |
|---|---|---|
| Fluxo simples | 5,5 a 7,0 m | 6,0 a 8,0 m |
| Fluxo duplo | Acima de 7,00 | Acima de 8,00 |

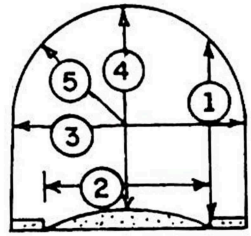
Tab 11-2. Dimensões críticas de rodovias e pontes

| Classe da Pnt | Largura entre rodapés (m) | |
|---|---|---|
| | 1 Faixa de tráfego | 2 Faixas de tráfego |
| 4 - 12 | 2,75 | 5,50 |
| 13 - 30 | 3,35 | 5,50 |
| 31 - 60 | 4,00 | 7,30 |
| 61 - 100 | 4,50 | 8,20 |

| **Classe da Pnt** | **Gabarito Mínimo (m)** |
|---|---|
| Até 60 | 4,30 |
| Acima de 70 | 4,70 |

Lista de dados a reconhecer em túneis, passagens inferiores ou Pnt em treliça:

1. gabarito mínimo medido a partir da borda da pista.
2. largura da pista entre rodapés.
3. largura do túnel, tomada a 1,2 m, no mínimo, da altura da pista.
4. gabarito - medido na vertical do eixo da pista até o teto do túnel ou outro Obt, como fios, por exemplo.
5. flecha do arco do túnel ou raio da parte curva.




Tab 11-2. Dimensões críticas de rodovias e pontes (Continuação)

## 11-11. FÓRMULA DE CLASSIFICAÇÃO DE RODOVIAS

**a**. A fórmula de classificação de rodovias expressa, numa sequência padronizada: um prefixo, limitações, largura da pista, soma da largura da pista com a dos acostamentos, tipo de revestimento de rodovia, extensão, restrições e condições especiais, se houver.

| SEQUÊNCIA | SÍMBOLOS / SIGNIFICADOS |
|---|---|
| Prefixos | A será usado quando não existirem limitações |
| | B será usado quando existirem limitações |
| Limitações | d Drenagem deficiente (valetas e bueiros entupidos ou em más condições) |
| | f Fundação fraca (material instável, facilmente deslocável) |
| | s Revestimento irregular (saliência, buracos) |
| | j Superelevação ou abaulamento excessivo |
| | c Curvas fechadas (raios menores que 30 m) |
| | g Rampas (7% ou maiores) |
| Larguras | a seguir são indicadas a largura da pista e a largura do leito da rodovia (pista mais acostamento). Exemplo: 7/9. |
| Tipos de revestimento | os tipos de revestimento mais encontrados estão relacionados na Tabela 11-4 |
| Extensão | a extensão do trecho da rodovia, em km, poderá ou não ser indicada. Se for indicada, coloca-se entre parênteses |
| Restrições | indicadas por (OB), apenas quando existirem. Exemplo: gabaritos menores que 4,30 m, redução da largura da pista para valores inferiores aos padronizados na tabela 5-2, rampas iguais ou superiores a 7%, e curvas com raios menores que 30 m |
| Condições especiais | as nevadas (T) e as enchentes (W) serão relatadas quando forem periódicas e de vulto |

Tab 11-3. Fórmula de classificação de rodovias

| SÍMBOLO | REVESTIMENTO |
|---|---|
| k | concreto |
| kb | concreto betuminoso (feito em usina) |
| nb | tratamento superficial sobre solo natural, solo estabilizado ou outro material escolhido |
| b | usado quando o revestimento betuminoso não puder ser identificado |
| pb | revestimento betuminoso sobre paralelepípedos, ou sobre pavimento de pedras irregulares |
| rb | macadame betuminoso de penetração, macadame hidráulico com revestimento betuminoso |
| p | paralelepípedos ou pedras irregulares |
| r | macadame hidráulico, pedra britada ou pedregulho estabilizado |
| l | pedregulho |
| n | solo natural, solo estabilizado, revestimento sílico-argiloso, rocha decomposta ou outro material escolhido |
| v | vários outros tipos não mencionados acima (indicar a extensão do trecho que tenha este revestimento) |

Tab 11-4. Tipos de revestimento

**b.** Exemplos da fórmula de classificação de rodovias

| FÓRMULA | SIGNIFICADO |
|---|---|
| A 5,4 / 6,2 K | A rodovia não possui limitações; a largura da pista é de 5,4 m; o leito da rodovia é de 6,2 m e o revestimento é de concreto |
| Bcgs 7/9n (2,4 km) (OB) | A rodovia possui limitações que são curvas fechadas, rampas fortes e revestimento irregular; a largura da pista é de 7 m e do leito de 9 m; solo natural; extensão do trecho é de 2,4 km; não há restrições |
| Bcgd (f?) s 3,2 / 4,8 nb (4,3 km) (OB) (T) | A rodovia possui limitações que são curvas fechadas, rampas fortes, drenagem deficiente, fundação fraca mas de resistência desconhecida, revestimento irregular; largura da pista de 3,2 m e leito da rodovia de 4,8 m; tratamento superficial; extensão de 4,3 km; não há restrições; a rodovia está sujeita a nevadas |

Tab 11-5. Exemplo de fórmula de classificação de rodovias

<table>
<tr><td colspan="3">RELATÓRIO DE Rec DE RODOVIAS</td><td>DATA<br>101500 Set 94</td></tr>
<tr><td colspan="2">PARA (FUNÇÃO E OM)<br>S2 82º BECmb</td><td colspan="2">EXECUTADO POR (NOME, POSTO, OM)<br>LEMES 1º Ten 1º1ª/82ºBECmb</td></tr>
<tr><td>1. CARTA a. NOME<br>São Paulo</td><td>b. ESCALA<br>1:50:000</td><td>c. FOLHA<br>P.Ferreira</td><td>2. DATA HORA<br>101500 Set 94</td></tr>
<tr><td colspan="4">PARTE I - DADOS GERAIS</td></tr>
<tr><td colspan="2">3. COORDENADAS</td><td>4. NOME E Nr (CIVIL OU MILITAR)</td><td>5. Extensão da Rv (km)</td></tr>
<tr><td>INÍCIO<br>14-61</td><td>FIM<br>13-78</td><td>Estrada da Boa Vista</td><td>22</td></tr>
<tr><td colspan="2">6. LARGURA DA PISTA (m)<br>7,5 a 9,0 m</td><td colspan="2" rowspan="3">8. CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS durante o Rec<br>Tempo bom; temperatura 25º C<br>Últimas chuvas em agosto 94.</td></tr>
<tr><td colspan="2">7. RECONHECIMENTO</td></tr>
<tr><td>DATA<br>10 Set 94</td><td>HORA<br>0800</td></tr>
</table>

Fig 11-4. Modelo de relatório de Reconhecimento de Rodovias

| PARTE II - DADOS TÉCNICOS | | | |
|---|---|---|---|
| 9. Traçado (assinalar um apenas) | | 10. DRENAGEM (assinalar um apenas) | |
| ( ) | (1) Rampas suaves e curvas de raio grande | ( ) | (1) Valetas abertas<br>Bueiros em boas condições |
| ( ) | (2) Rampas maiores que 7% | | |
| ( X ) | (3) Curvas de raio menor que 30 m | ( X ) | (2) Valetas e bueiros entupidos ou em más condições |
| ( ) | (4) Rampas fortes e curvas fechadas | | |
| 11. FUNDAÇÃO (assinalar um) | | | |
| ( X ) | (1) Material estabilizado e de boa qualidade | ( ) | (2) Material instável facilmente deslocável |
| 12. DESCRIÇÃO DO REVESTIMENTO | | | |
| ( ) | (1) Livre de buracos e saliências | ( ) | (2) Buracos e saliências que possam reduzir a Vel de comboios |
| ( ) | (3) Concreto | ( ) | (4) Betuminoso, especificar o tipo: |
| ( ) | (5) Paralelepípedos ou Blocos | ( ) | (6) Pedras irregulares |
| ( ) | (7) Pedra britada ou Coral | ( X ) | (8) Pedregulho |
| ( ) | (9) Marcadame hidráulico | ( ) | (10) Solo natural ou estabilizado |
| ( ) | (11) outras | ( ) | (12) Areia-argila; rocha |

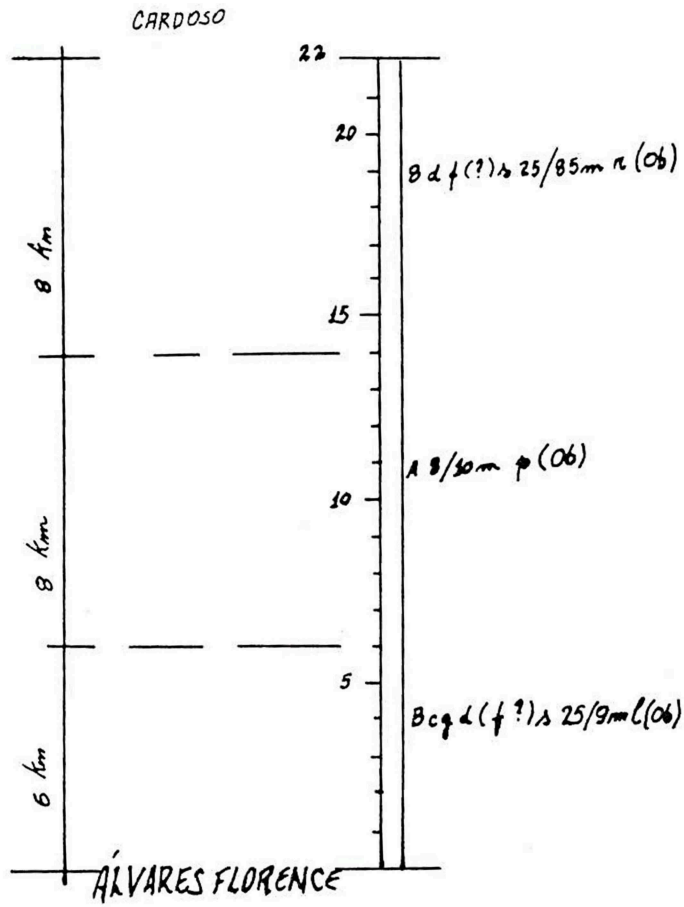
PARTE III - RESTRIÇÕES

(relacionar nas colunas abaixo as restrições que podem afetar a capacidade de tráfego)
(a) gabaritos ou alturas menores que 4,30 m
(b) redução na largura da pista (crateras, pontes estreitas, etc)
(c) rampas fortes (acima de 7%)
(d) Curvas de raio menor que 30 m
(e) vaus

| Nr de ordem | DESCRIÇÃO | COORDENADAS | OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|---|
| 1 | Curva fechada - Raio 27 m | 17-71 | Ver calco Rec Itn |
| 2 | Vau largura 7,5 m | 15-75 | Ver Rel Rec vau Nr 1/92 |
| 3 | Cratera no acostamento | 14-76 | Ver Rel Eng Nr 5/93 |
| 4 | Cratera na pista | 13-77 | Ver Rel Eng Nr 5/93 |
| 5 | - | - | - |
| 6 | - | - | - |

Fig 11-4. Modelo de relatório de Reconhecimento de Rodovias (Continuação)

| PARTE IV - CROQUIS | | | |
|---|---|---|---|
| COORDENADAS | | ESCALA | DATA |
| INÍCIO<br>14-61 | FIM<br>13-78 | 1 Uni = 1km | 10 Ago 75 |




**OBSERVAÇÕES**
Os acostamentos na borda dos aterros estão irregulares e são fracos.

Fig 11-4. Modelo de relatório de Reconhecimento de Rodovias (verso)

## 11-12. MEDIDA DE RAIOS DE CURVAS E RAMPAS

| TÉCNICA PARA MEDIR O RAIO E RAMPA | PROCEDIMENTO E SEQUÊNCIA |
|---|---|
| Determinar o raio da curva pelo processo da fórmula:<br>$R = (C^2 / 8m) + (m / 2)$ ou<br>$R = (C^2 / 16) + 1$ | Marcar um ponto médio na curva, sobre o eixo da estrada, designando-o de "m". Medir perpendicularmente a linha de "m" à corda "C" da curva ( Fig 11-5) de modo que a linha de "m" divida "C" em duas partes iguais. Tomar as medidas de "m" e "C" e aplicá-las nas fórmulas obtendo-se o "R". |
| Determinar o raio da curva pelo processo dos triângulos retângulos (Fig 11-5) | Fazer de corda ou sobre pranchetas com alfinete, dois triângulos retângulos. Posicioná-los no início e no final da curva (PC e PT) para determinar aproximadamente, o centro do setor circular da curva, pelo prolongamento dos lados dos triângulos. O raio "R" será a medida da distância do centro "O" ao arco da curva. |
| Percentagem de inclinação das rampas. Processo do clinômetro, da linha de visada, do binóculo e da carta. | A inclinação da rampa é dada pela fórmula: I % = AH x 100/C<br>C = comprimento da rampa |

Tab 11-6. Medição de raio de curvas e rampas

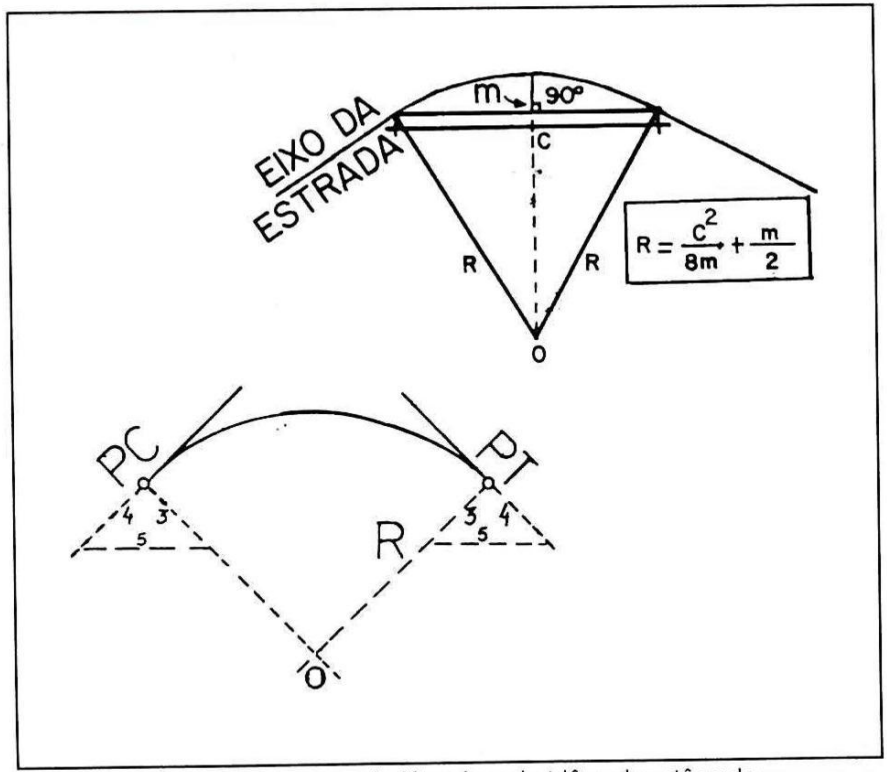



Fig 11-5. Processo da fórmula e do triângulo retângulo

## ARTIGO IV

## RECONHECIMENTO DE PONTES FIXAS

### 11-13. TIPOS DE RECONHECIMENTO DE PONTES

As características das Pnt são de grande importância na seleção de um itinerário para o deslocamento normal de tropas. A largura da pista da ponte para um determinado tipo de tráfego (Tabela 5-2) e gabaritos menores que 4,3 m poderão constituir restrições a serem relatadas na fórmula de classificação de itinerários como (OB). Ver as tabelas 11-6 e 11-7 (lista de dados a coletar). O reconhecimento de Pnt compreende dois processos: sumário e detalhado.

**a. Reconhecimento sumário -** Permite que se consigam os dados mínimos indispensáveis para determinação da conveniência de utilização da Pnt para fins táticos imediatos. É relatado por símbolos de Rec da Pnt (Ver tabela 11-1) nos calcos ou esboços de reconhecimento de itinerários. O símbolo completo indica: localização da Pnt, o número de ordem da Pnt, a classe, o comprimento total, a largura da pista, o gabarito e a possibilidade de contorno. Se a escala da carta ou o tamanho do esboço não permitir a utilização do símbolo completo de pontes, poderá ser utilizado o símbolo abreviado de pontes. Ele contém a localização da ponte, o número de ordem da ponte e a classe da ponte. (Ver tabela 11-1).

**b. Reconhecimento detalhado -** É feito quando existirem tempo suficiente e pessoal qualificado para executar uma análise detalhada da Pnt, incluindo estimativas de reparação ou destruição (se for o caso). É relatado num relatório escrito.

**c. Relatório de reconhecimento -** Para confecção do relatório de reconhecimento, além dos dados acima, são necessários ainda: a largura horizontal livre da Pnt, a altura do fundo da água até a Pnt, o número de vãos, o tipo da Pnt, tipo do material de Cnst, comprimento e condições dos vãos (tabelas 11-6 e 11-7). Ver Fig 11-8 e usar o relatório cujo modelo é o da figura 11-9. Consultar o Capítulo 6 para determinar a classe da Pnt.

| DADOS NECESSARIOS PARA OBTENÇAO DA CLASSE (1) | TIPOS BASICOS DE PONTES | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | VIGAS SIMPLES | | | | | LAJE | VIGAS T | TRELIÇA | VIGAS METALICAS ALMA CHEIA COMPOSTA | ARCO | PÊNSIL |
| Espessura da camada de revestimento<br>Espessura do piso, da laje ou altura do aterro no fecho do arco | X<br>X | | | | | X<br>X | X<br>X | X<br>X | X<br>X | X<br>X | X<br>X |
| | MADEIRA | | AÇO | | | | | | | | |
| | SEÇÃO ESQUADRIADA | SEÇÃO CIRCULAR | VIGA DUPLO T | VIGA U | TRILHOS | | | | | | |
| Distância centro a centro entre vigas T, vigas simples ou vigas do piso nas pontes de Tr1 | x | x | x | x | x | - | x | x | x | x | x |
| Número de vigas T ou vigas simples | x | x | x | x | x | - | x | x | x | - | x |
| Altura de vigas T ou vigas simples | x | (2) | x | x | x | - | x | x | x | - | x |
| Largura das vigas T ou vigas simples | x | - | (3) | (3) | (3) | - | x | x | x | - | x |
| Espessura da almas das vigas duplo T, vigas H, vigas U ou trilhos | - | - | x | x | x | - | - | x | x | - | x |
| Flecha do cabo | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | x |
| Número de cabos de cada diâmetro | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | x |
| Espessura do arco | - | - | - | - | - | - | - | - | - | x | - |
| Flecha do arco | - | - | - | - | - | - | - | - | - | x | - |
| Diâmetro dos cabos | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | x |
| Altura da mesa | - | - | - | - | - | - | - | - | x | - | - |
| Largura das placas da mesa | - | - | - | - | - | - | - | - | x | - | - |
| Espessura das placas da mesa | - | - | - | - | - | - | - | - | x | - | - |
| Número de placas da mesa | - | - | - | - | - | - | - | - | x | - | - |
| Altura das cantoneiras da mesa | - | - | - | - | - | - | - | - | x | - | - |
| Largura das cantoneiras da mesa | - | - | - | - | - | - | - | - | x | - | - |
| Espessura das cantoneiras da mesa | - | - | - | - | - | - | - | - | x | - | - |
| Altura da alma | - | - | - | - | - | - | - | - | x | - | - |
| Espessura da alma | - | - | - | - | - | - | - | - | x | - | - |
| Espessura média da mesa | - | - | x | - | - | - | - | - | - | - | - |
| **OBSERVAÇÕES**<br>"X" - Indica dados a coletar; (1) - A classe; (2) - Diâmetro e (3) - largura da mesa. | | | | | | | | | | | |

Tab 11-7. Lista dos dados a serem obtidos no Reconhecimento dos principais tipos de pontes

| Nr da Fig | Dados | TRELIÇA | VIGAS METÁLICAS ALMA CHEIA COMPOSTA | VIGAS SIMPLES; Mad Aço e "T"Concreto | LAJE | ARCO | PÊNSIL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Comprimento total | x | x | x | x | x | x |
| 2 | Nr de vãos | x | x | x | x | x | x |
| 2 | Comprimento dos vãos | x | - | x | x | x | x |
| 2a | Comprimento do Painel | x | - | - | - | - | x |
| 3 | Altura acima do fundo d'água | x | x | x | x | x | x |
| 3a | Altura acima do nível d'água normal | x | x | x | x | x | x |
| 4 | Largura da pista | x | x | x | x | x | x |
| 5 | Gabarito | x | - | - | | x | x |
| 6 | Largura horizontal livre | x | x | x | x | x | x |

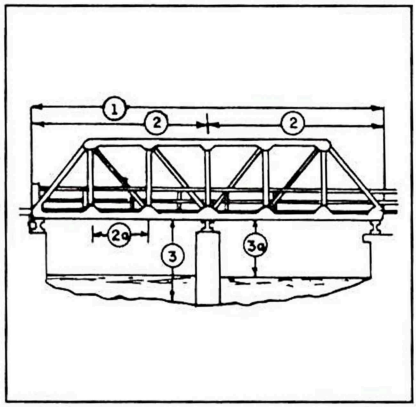



Fig 11-6. Perfil de ponte

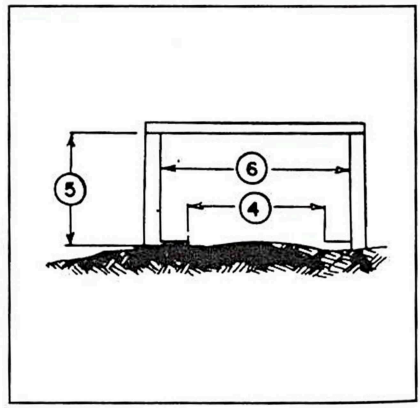



Fig 11-7. Gabarito de ponte

Tab 11-8. Lista de dados a serem obtidos para determinar a classe da ponte

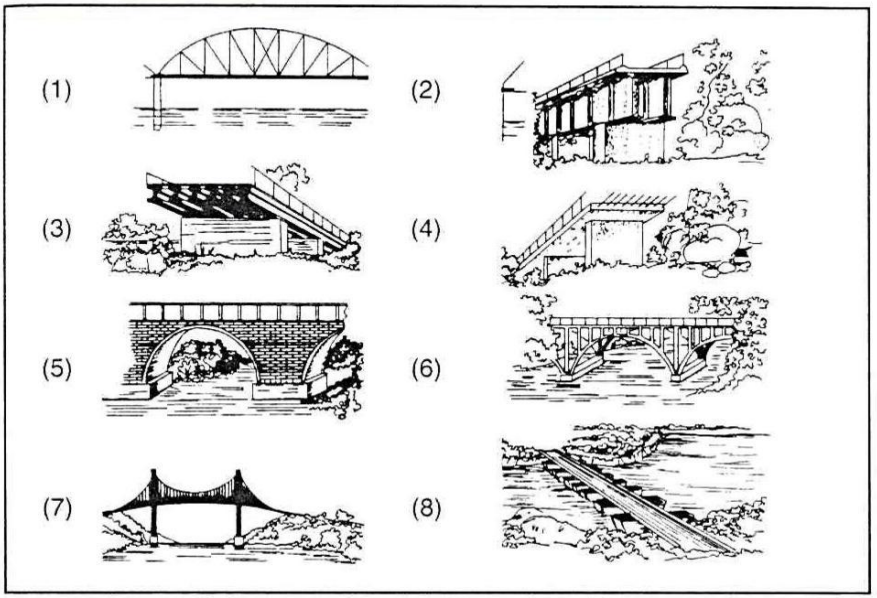



Fig 11-8. Convenções para utilizar no relatório de pontes

(1) TRELIÇA
(2) VIGAS METÁLICAS DE ALMA CHEIA COMPOSTA
(3) VIGAS SIMPLES METÁLICAS, T DE CONCRETO OU MADEIRA
(4) LAJE
(5) ARCOS (FECHADO)
(6) ARCOS (ABERTO)
(7) PÊNSIL
(8) EQUIPAGEM
(9) Usar o Nr 9 para qualquer outro tipo (por Ex:. Pnt móvel). No relatório deve constar este nome.

| Materiais usados na Cnst: | |
|---|---|
| Aço ou outro metal | a |
| Concreto | k |
| Concreto armado | ak |
| Concreto protendido | kk |
| Alvenaria | p |
| Madeira | n |
| Outro material | o |

**OBSERVAÇÕES**

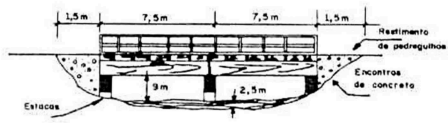
(1) Os vãos que não podem ser utilizados por estarem danificados serão representados por "X" colocado depois da medida do comprimento do vão;
(2) Os vãos que estiverem acima de água, serão indicados pela letra "W" após o comprimento do vão.

| RELATÓRIO DE RECONHECIMENTO DE PONTES | | | | | | | | DATA: | | | | ASSINATURA: | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PARA: AUTORIDADE E UNIDADE | | | | | | | | DE: (NOME, POSTO, UNIDADE) | | | | | |
| CARTA: | | | | | | | | | | | | DATA HORA: | |
| INFORMAÇÕES ESSENCIAIS DA Pnt | | | | | | | | INFORMAÇÕES ADICIONAIS (acrescentar mais colunas se necessário) (CLASSE, COMPRIMENTO TOTAL, LARGURA DA PISTA, GABARITO, CONTORNOS) | | | | | |
| Nr de Ordem | LOCALIZAÇÃO (QUADRIC) | LARGURA HORIZONTAL LIVRE | ALTURA ACIMA DO NÍVEL D'ÁGUA | VÃOS | | | | CLASSE | COMPRIMENTO TOTAL | LARGURA DA PISTA | GABARITO | POSSIBILIDADE DE CONTORNAR A Pnt | OBSERVAÇÕES |
| | | | | Nr DE VÃOS | Nr PADRONIZADO DO TIPO Pnt | MATERIAL | COMPRIMENTO E CONDIÇÕES | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

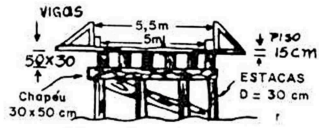
Fig 11-9. Modelo de rel de Rec de Pnt

ESBOÇOS

VISTA LATERAL | ESCALA: S/E



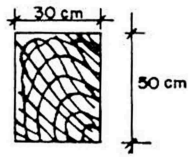

SEÇÃO TRANSVERSAL DO VÃO CRÍTICO | ESCALA: S / E




6 vigas c/ espaçamento de 1,0 m centro a centro

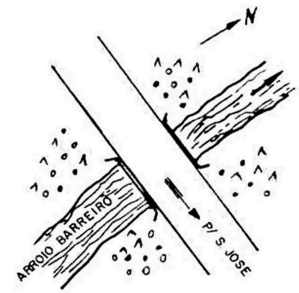
Espessura de pranchões = 15cm

SEÇÃO TRANSVERSAL DAS PEÇAS CRÍTICAS | ESCALA: S / E




VIGAS E CHAPÉU

PLANTA DO LOCAL | ESCALA: S / E




**CÁLCULOS P/ CLASSIFICAR A Pnt**
**Mm = 5041,2 t x cm; Cl 60R e 38L**
**Qm = 38,6 T; Cl 72R e 60L; Classe do piso = 45**
**Classe final (super estrutura) 45R (Vtr de rodas) e 38L (Vtr de Lagartas)**

Fig 11-9. Modelo de rel de Rec de Pnt (continuação) - verso

## ARTIGO V

## RECONHECIMENTO DE CURSOS DE ÁGUA

### 11-14. GENERALIDADES

Os aspectos comuns a serem reconhecidos para qualquer transposição (vaus, navegação de anfíbios, navegação de balsas ou portadas, pontes de equipagem) são: profundidade do curso d'água, características dos aces-

sos ao curso d'água, velocidade da correnteza, largura do curso d'água, obstáculos naturais ou artificiais existentes e características do fundo. Os vaus e as balsas são considerados como restrições e são relatados no esboço ou calco de reconhecimento de itinerários pelos símbolos de reconhecimento (Tabela 11-1). Quando forem necessários maiores detalhes poderá ser confeccionado o relatório de reconhecimento de vaus (Ver C 5-36).

## 11-15. TRANSPOSIÇÃO DE CURSO DE ÁGUA

Existem dois tipos de transposição de curso d'água: imediata e preparada. Cada tipo comporta uma forma de reconhecimento.

**a. Reconhecimento geral** - Deverá ser executado para obtenção de dados para travessia imediata.

**b. Reconhecimento especial** - Deverá ser executado para obtenção de dados para a transposição preparada. Exige tempo e pessoal para uma análise completa do planejamento de engenharia.

## 11-16. MEDIDAS BÁSICAS DE CURSOS DE ÁGUA

**a.** São medidas básicas largura, velocidade da correnteza e profundidade.

**b.** A Tab 11-9 apresenta os processos utilizados.

| MEDIDAS BASICAS | PROCESSO UTILIZADO | SEQUÊNCIA |
|---|---|---|
| LARGURA | DIRETO | Estende-se de uma margem a outra um cordel sustentado, se necessário, por um ou vários flutuadores (boias ou embarcações) convenientemente ancoradas e amarradas em linha reta |
| | INDIRETO (MEDIDA FEITA EM UMA SO MARGEM) | MÉTODO DO TRIÂNGULO ISÓCELES:<br>Balizar na 1ª margem, uma direção "AC", perpendicular à "AB", (Fig 12-10) determinada pelos dois pontos A e B, cuja distância se quer medir. Procura-se nessa direção, o vertice "C" do triângulo isósceles "BAC", de forma que o ângulo "C" seja igual a 45º. A distância "AC" diretamente medida, é igual à largura procurada. Instrumentos para aplicação do método: Bússola, Goniômetro, esquadro de agrimensor, Nível de pedreiro com prancheta marcada com ângulos de 90º e 45º, (triângulo "DEC" da Fig 11-10). |
| | | MÉTODO DO TRIÂNGULO DE CORDAS - Semelhança de triângulos<br>Confeccionar triângulo retângulo com seus lados proporcionais a 3, 4 e 5 e, com seu auxílio, traçar primeiramente a direção AC (Fig 11-10), colocando-se o lado 3 no prolongamento AB e estaqueando o prolongamento do lado 4; obter o ponto C deslocando-se o lado 4 ao longo de AC até que o prolongamento do lado 5 passe pelo ponto B; então o triângulo ABC sera semelhante ao triângulo DEC<br>AB / AC = 3/4 ou AB = 3 AC / 4 |
| | | MÉTODO DAS DUAS PERPENDICULARES<br>Traçar pelo ponto A (Fig 11-10) uma perpendicular AD à AB; sobre AD marcar o ponto C de modo que CD seja uma fração exata de AC; levantar uma perpendicular DE, em D à AD e determinar E pelo prolongamento de BC. A distância DE, medido diretamente, é igual a 1/3, 1/4 ou 1/5 da distância AB conforme se tenha tomado CD igual a 1/3, 1/4 ou 1/5 de AC |

Tab 11-9. Medição da largura do curso de água

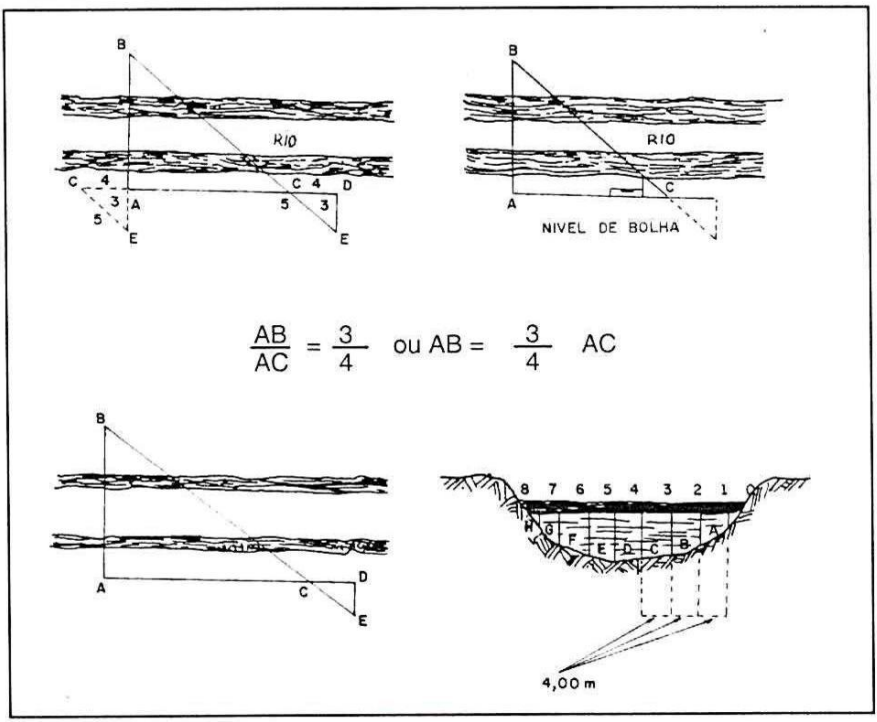
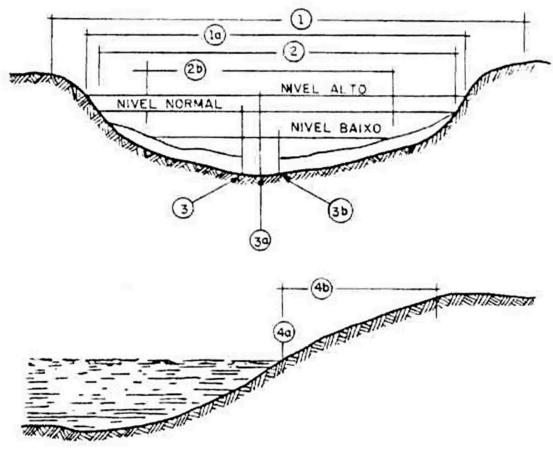



Fig 11-10. Medida de largura e profundidade de curso de água

**c. Velocidade -** Para obter-se a velocidade de um curso de água, em um ponto determinado, conta-se o tempo que leva um objeto que flutua ao sabor da corrente no talvegue, para descer um certo comprimento, e divide-se o número de metros percorridos pelo número de segundos decorridos. Para se fazer isto, baliza-se na margem, paralelamente ao talvegue, uma distância de 50 a 60 metros. Toma-se um objeto que flutue (pedaço de madeira ou garrafa), lastrado de modo que não seja afetado pelo vento, tendo em cima uma haste bem visível, lançando-o longe, à montante da primeira baliza, para que ao passar diante desta tenha adquirido a velocidade do talvegue. No momento da passagem do flutuador diante da primeira baliza, inicia-se a contagem (com auxílio do cronômetro ou de um pêndulo improvisado, de um metro de comprimento, com uma pedra e um cordel) do tempo que ele leva para percorrer a distância balizada. Toma-se, geralmente, a medida da velocidade várias vezes seguidas e, se a correnteza é variável, renova-se a operação em intervalos mais ou menos aproximados. A média destas medidas será a velocidade da correnteza.

**d. Profundidade -** Mede-se a profundidade de um curso de água, sondando-o em diferentes pontos com o auxílio duma sonda, croque, régua ou vara graduada lastrada, se for necessário. Aproveitam-se essas sondagens para reconhecer, ao mesmo tempo, a natureza do leito do curso d'água. Quando se tem necessidade de conhecer a profundidade da água, segundo um alinhamento transversalmente ao rio, levanta-se o perfil do rio segundo esse alinhamento. Para isto (Fig 11-10) estende-se transversalmente ao rio, segundo o alinhamento dado (que é, em geral, perpendicular ao talvegue), um arame com divisões equidistantes, mais ou menos aproximadas, apoiado em tantos pontos quantos exigir a largura do rio. Mede-se a profundidade correspondente a cada uma das divisões e se obtém assim, facilmente, sobre o papel, o perfil procurado, OABC ... GH, que se terá o cuidado de completar com o perfil das margens.




1 - Largura entre as margens
3a - Profundidade com nível alto
2 - Largura com nível normal
3b - Profundidade com nível baixo
2a - Largura com nível alto
4a - Diferença de nível do acesso
2b - Largura com nível baixo
4b - Comprimento do acesso
3 - Profundidade com nível normal
% - Inclinação da rampa I% = 4a x 100 / 4b

Fig 11-11. Lista de dados a serem colhidos no reconhecimento de vaus

## 11-17. CLASSIFICAÇÃO DOS VAUS

**a.** Os vaus são classificados, segundo a sua dificuldade de transposição, em: vaus para tropas a pé, viaturas de rodas e viaturas de lagartas.

**b.** A trafegabilidade do vau para viaturas e tropa a pé é indicada na tabela 11-9.

**c.** Os acessos ao local de vau poderão ser pavimentados com concreto ou material betuminoso embora, normalmente, sejam construídos de areia ou pedregulho. A rampa de inclinação e o material de constituição dos acessos são fatores importantes; a trafegabilidade dos acessos em condições atmosféricas adversas, depende daqueles fatores.

**d.** A natureza do material do fundo do curso de água determina a trafegabilidade e é importante descrevê-la.

**e.** O leito do curso de água, em um vau, poderá ser melhorado, em alguns casos, para que sua capacidade de suportar cargas seja aumentada ou para reduzir a sua profundidade. Poderão ser usados concreto, pedregulho, pilhas de sacos de areia, esteiras de aço, pranchões de madeira, pedras ou outros materiais.

**f.** Enchentes periódicas, períodos de grandes secas, frio intenso e outras condições meteorológicas adversas poderão causar mudanças na trafegabilidade do vau.

**g.** A velocidade da corrente e a presença de detritos afetam a trafegabilidade do vau. A velocidade da correnteza é classificada como rápida, se acima de 1,5 m/s, moderada de 1 a 1,5 m/s ou pequena, se menor que 1 m/s.

**h.** Uma lista de dados a serem obtidos no Rec de vaus é apresentada na figura 11-11.

**i.** Os obstáculos a serem observados compreendem margens escarpadas, minas e armadilhas nos acessos e no fundo de vau, detrito e objetos flutuantes.

| TIPO DE TRÁFEGO | ELEMENTOS | LARGURA MÍNIMA (m) | VAU (m) | RAMPA MÁXIMA PARA ACESSOS (%) | OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|---|---|---|
| Tropa a pé (1) | Coluna por um | 1 | 1 | 100 (1 : 1) | (1) Corrente moderada, fundo firme e margens favoráveis<br>(2) Anfíbio<br>- Flutua em profundidade superior a 1,60 m<br>- Entre 1,10 e 1,60 m de profundidade com a hélice ligada, consegue transpor o curso de água<br>- Velocidade na água: 2,5 m/s<br>(3) Anfíbio<br>- Flutua em profundidade superior a 2,0 m<br>- Entre 1,60 e 2,0 m de profundidade consegue transpor o curso de água com dificuldade<br>- Inclinação máxima das 2 margens 20% (quando flutuando) e 50% (quando na travessia de vau |
| | Coluna por dois | 2 | | | |
| VTR Roda | VTR 1/4 e 3/4 T e Art auto-rebocada | 3.6 | 0.60 | 33 (3 : 1) | |
| | VTR 2 1/2 T e 5T | | 0.75 | | |
| | VBR (jararaca) | | 0.85 | | |
| | VBR (cascavel) | | 1.10 | | |
| | VBTP (urutu) (2) | | 1.10 | | |
| | VBC CC S/ RODAS | 4.2 | 0.90 | 50 (2 : 1) | |
| VTR Lagarta | VBC CC (M 41) | | 1.00 | | |
| | VBTP (M 113) (3) | | 1.60 | | |
| | VBC CC (osório) | | 1.20 | | |
| | VBC CC (tamoyo) | | 1.30 | | |
| | VBE LPnt (XLP 20) | | 1.05 | | |
| | VBC OAP 105 mm | | 1.05 | | |

Tab 11-10. Transposição de vaus

## 11-18. RECONHECIMENTO PARA LOCAL DE PONTE

Principais aspectos a serem considerados:

**a. Rede rodoviária**

(1) A classe das Pnt deverá ser, no mínimo, igual à maior classe das Vtr a transpor.

(2) Boa drenagem.

**b. Acessos para o local da Pnt**

(1) Retilíneos para os 45 m finais, nas duas margens.

(2) Rampa máxima de 10% de inclinação.
(3) Duas faixas de tráfego (2 vias).
(4) Transitável em qualquer tempo, bem drenados.

**c. Encontros junto às margens**
(1) Da mesma classe que a Pnt.
(2) Livres de superfície escorregadia.
(3) Construídos com material das proximidades, se possível.
(4) Com alturas de 0,75 a 1 m, para adaptar-se às rampas de acesso das Pnt de classe 60 (se for o caso).

**d. Medidas do curso de água**
(1) Largura.
(2) Profundidade.
(3) Correnteza.

**e. Área necessária -** Para o canteiro de trabalho é desejável 30 x 30 m para cada parcela de 30 m de comprimento da Pnt.

**f. O local da ponte deve ser:**
(1) protegido contra detritos, por meio de qualquer processo expedito.
(2) protegido contra minas flutuantes.

**OBSERVAÇÕES**

No reconhecimento, a utilização de informações de pessoas do local pode ser útil, mas deve-se ter em mente que estas pessoas poderão ser inimigas, ou estar cooperando com estes.

Para outras referências, ver publicações específicas.

## ARTIGO VI

## RECONHECIMENTO PARA SUPRIMENTO DE ÁGUA

### 11-19. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE ÁGUA

Para a localização dos pontos de água há necessidade de serem realizados reconhecimentos, precedidos de estudos na carta. As fontes de água aproveitadas para fins militares são chamadas de pontos de água.

### 11-20. FONTES DE ÁGUA

Quando as tropas estão em combate e em deslocamentos rápidos, normalmente não há tempo para que seja escolhida a melhor fonte de água. Em consequência, as unidades de Engenharia devem explorar a fonte que

estiver mais acessível, purificando a água com os recursos disponíveis. As principais fontes de água são:

**a.** águas superficiais: rios, lagos, regatos, etc.

**b.** águas subterrâneas: poços e nascentes.

**c.** água do mar.

**d.** sistemas municipais.

**e.** neve, gelo e chuva.

**f.** vegetação.

## 11-21. QUANTIDADE E QUALIDADE DA ÁGUA

Para garantir a continuidade do suprimento, é necessário que sejam calculadas as vazões mínimas, médias e máximas dos cursos de água, poços ou nascentes e as dimensões (área e profundidade) de lagos. É importante verificar, ainda, a qualidade da água que se pretende utilizar.

**a. Cálculo da vazão de águas correntes superficiais -** Para determinação da vazão de água corrente nos rios, deve ser usada a seguinte fórmula:

$$\boxed{Q = A\,V}$$ onde:

Q = vazão da água corrente, em metros cúbicos por minuto

A = área da seção transversal do rio, em metros quadrados.

V = velocidade média, em metros por minuto (superficial).

Para obter a área da seção transversal "A", considerar o rio como um trapézio e utilizar a seguinte fórmula:

$$\boxed{A = 1/2\,(a + b)\,h}$$ onde:

a = largura do rio, ao nível de água, em metros.

b = largura do fundo do rio, em metros.

h = profundidade média do rio, em metros.

**b. Qualidade da água -** A água deve ser de tal qualidade que possa ser prontamente purificada com o equipamento de campanha normal. Se os conjuntos de teste estão disponíveis, o valor do "PH", a necessidade de cloro e a presença de agentes químicos de guerra podem ser determinados. Se os conjuntos não estão disponíveis, valiosa informação pode ser obtida por uma

acurada observação e pelo julgamento das seguintes características de qualidade: cor, turbidez, odor, sabor (provar com cuidado), possíveis fontes de poluição, condições da vegetação que circunda a fonte (vegetação morta ou manchada pode indicar a presença de agentes químicos de guerra), presença de peixes mortos, etc.

## 11-22. ACESSO RODOVIÁRIO

Um posto de suprimento de água satisfatório deve ser acessível tanto para veículos como para pessoal. Uma boa rede de estradas com desvios, cobertas e abrigos no ponto de água e uma adequada área de estacionamento são aspectos particularmente desejáveis. A capacidade de suporte das estradas deve ser suficiente para resistir à mais pesada viatura sob todas as condições de tempo. Os pontos de água devem localizar-se, se possível, em estradas transversais, evitando-se as estradas principais de suprimento.

Também, buscar locais de boa drenagem do terreno.

## 11-23. RELATÓRIO DE RECONHECIMENTO

No relatório de reconhecimento deverão constar a descrição e a estimativa dos trabalhos para instalação do ponto d'água. O modelo para relatório de reconhecimento de engenharia é o recomendado neste caso, podendo sofrer algumas modificações.

# CAPÍTULO 12

# CONSTRUÇÕES DE CONCRETO

## 12-1. ESCAVAÇÃO

A escavação para fundações de concreto deverá ser feita com o equipamento mecânico disponível; entretanto, o acabamento deverá ser feito manualmente, até atingir a profundidade e as dimensões necessárias. Se, por engano, for feita uma escavação além da profundidade necessária, colocar o concreto a partir daí e não aterrar a escavação até a altura correta porque é difícil compactar adequadamente o aterro. Para estimativas de rendimento em escavações, consultar o Capítulo 10 quando se tratar de equipamento mecânico ou a Tabela 12-1, para escavação manual.

| TIPO DE MATERIAL | m³ por homem-hora | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pá e picareta até a profundidade de: (metros) | | | | Afrouxar o solo - 1 homem c/ picareta | Carregamento em caminhões ou vagões - 1 homem c/ pá (solo solto) |
| | 0 a 0,9 | 0 a 1,5 | 0 a 2,4 | 0 a 3,0 | | |
| Areia | 1,51 | 1,36 | 1,05 | 0,98 | - | 1,36 |
| Areia siltosa | 1,43 | 1,21 | 0,98 | 0,90 | 4,52 | 1,81 |
| Pedregulho solto | 1,13 | 0,98 | 0,83 | 0,75 | - | 1,28 |
| Argila silto-arenosa | 0,90 | 0,9 | 0,75 | 0,68 | 3,01 | 1,51 |
| Argila leve | 0,68 | 0,53 | 0,45 | 0,45 | 1,43 | 1,28 |
| Argila seca | 0,45 | 0,45 | 0,38 | 0,38 | 1,05 | 1,28 |
| Argila úmida | 0,38 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,90 | 0,90 |
| Solo compacto | 0,30 | 0,3 | 0,3 | 0,23 | 1,05 | 1,28 |

Tab 12-1. Escavação manual

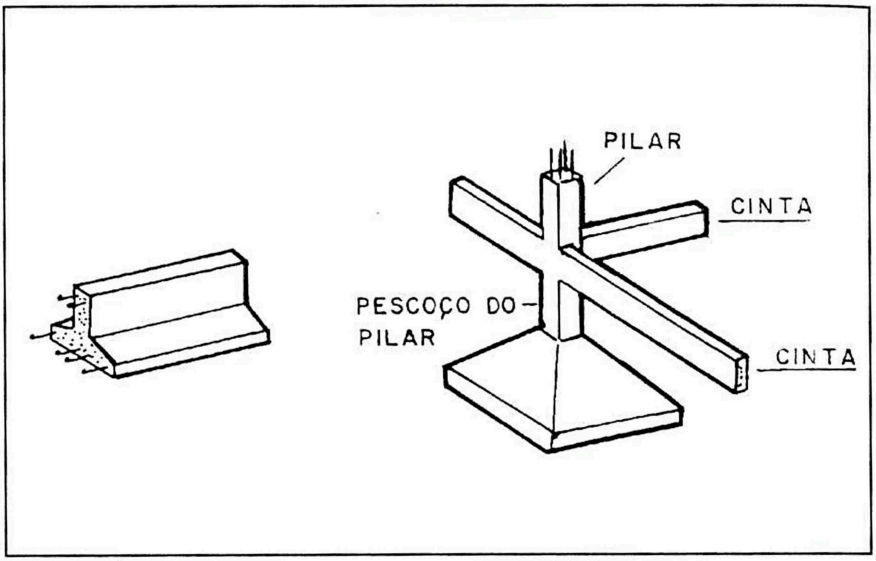



Fig 12-1. Fundação tipo sapata

| CLASSIFICAÇÃO | CARACTERÍSTICAS | TIPOS | MATERIAL USADO NA EXECUÇÃO |
|---|---|---|---|
| Diretas ou Rasas | São colocadas a pequena profundidade. Caracterizadas pela transmissão de carga ao terreno, pela área de base. Podem ser isoladas (carga concentrada; ex: pilar) ou corridas (carga distribuída; ex: muro). Fig 12-1 e 12-2. | Bloco | Concreto simples ou ciclópico; pedra argamassada; tijolo maciço. |
| | | Sapata | Simples: concreto simples ou ciclópico; pedra argamassada; tijolo maciço.<br>Armada: concreto armado. |
| | | Radier | Concreto armado. |
| Indiretas ou Profundas | São colocadas a grande profundidade, em que a carga é transmitida ao solo, seja pela superfície da base, seja pelo atrito entre a superfície lateral e o terreno.<br>São sempre executadas por firmas especializadas. | Estaca | Madeira;<br>Metálica;<br>Concreto (pré-moldada ou moldada no local) |
| | | Tubulão | Concreto simples ou armado. |

Tab 12-2. Tipos de fundações

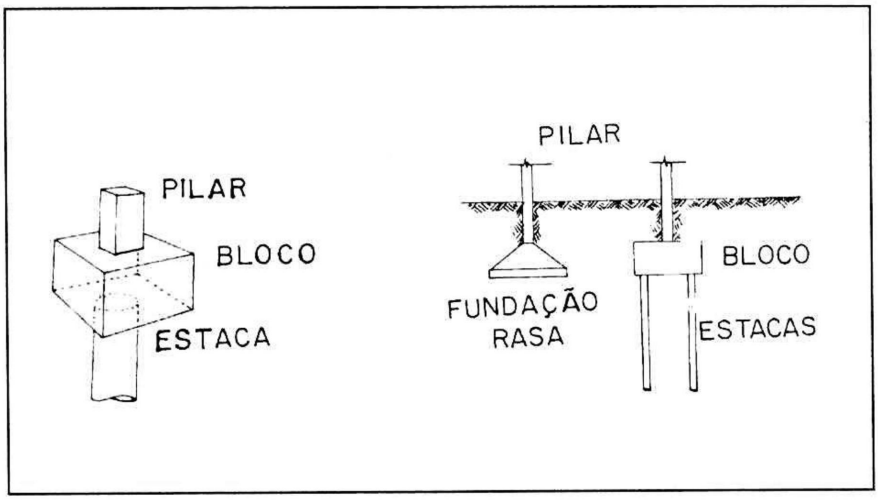



Fig 12-2. Fundação tipo bloco

12-2. FORMAS

**a. Formas para vigas-parede ou muros de concreto -** A nomenclatura de formas de madeira para viga-parede ou muros de concreto é mostrada na figura 12-3. As formas deverão ter a superfície lisa e ser a prova de água. Poderão ser usadas tábuas rejuntadas, tábuas macho e fêmea, compensado hidráulico ou do tipo "madeirit".

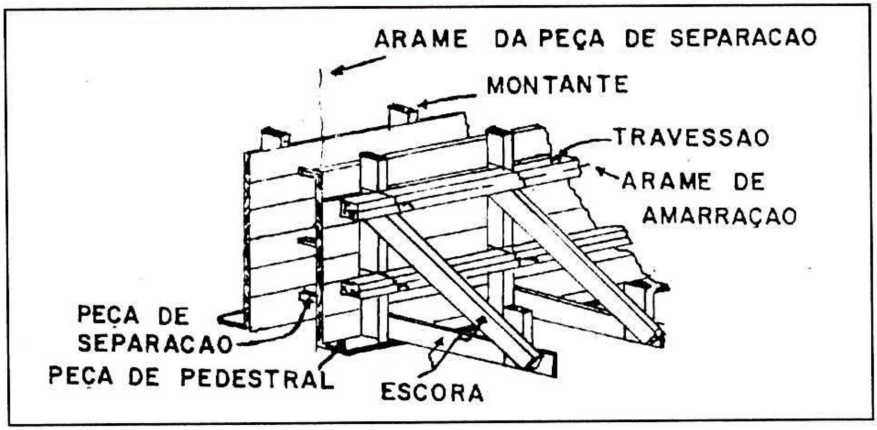



Fig 12-3. Forma para vigas-parede ou muro de concreto

(1) Montantes - O peso do concreto plástico tende a deformar a superfície da forma. Para evitar a deformação são usados os montantes. Os montantes são colocados na vertical e normalmente medem 5 x 10 cm ou 7,5 x 15 cm. Quando o espaçamento entre os montantes for maior que 1,2 m, deverão ser utilizados travessões, para reforço. São colocados horizontalmente, têm dimensões iguais aos montantes e poderão ser colocados aos pares. Para maior rigidez, são amarrados com aramè. Sua maior dimensão fica para fora.

(2) Escoras - Há muitos tipos de escoras. O tipo mais comum é formado de uma peça horizontal e outra diagonal, pregadas a montantes e estacas. A peça em diagonal deverá fazer um ângulo de 30° com a horizontal.

(3) Peças de pedestal - São pregadas na forma de fundação e devem ser cuidadosamente colocadas, para proporcionar a dimensão correta da viga-parede.

(4) Peças de separação - Para manter as formas separadas são usadas pequenas peças de madeira de comprimento igual à espessura da viga-parede. Quando o concreto for lançado na forma, as peças de separação são retiradas.

(5) Arames de amarração - Os arames de amarração apertam os painéis da forma contra as peças de separação. Os arames são torcidos, para ficarem esticados.

**b. Formas para pilares -** Os elementos das formas de pilares são vistos na figura 12-4. As tábuas são colocadas na vertical e mantidas juntas por meio de cintas, gravatas e arames de amarração.

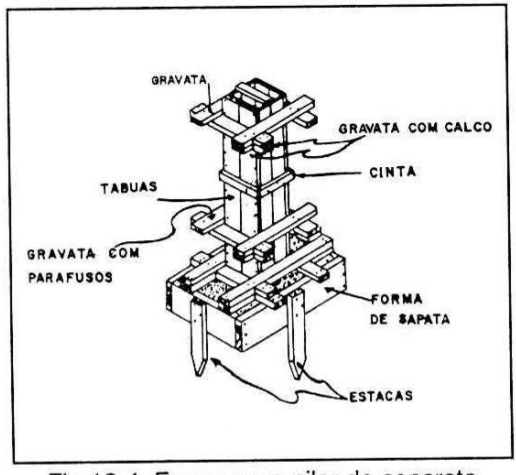



Fig 12-4. Forma para pilar de concreto

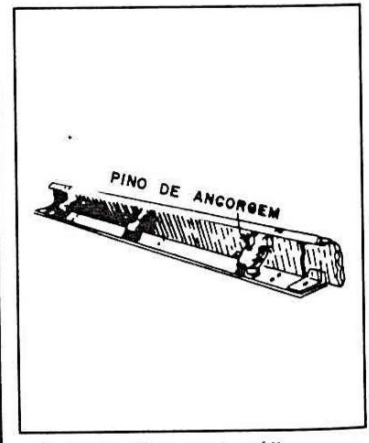



Fig 12-5. Forma metálica para pavimentação

**c. Formas metálicas para pavimentação -** A figura 12-5 apresenta um modelo de forma metálica para pavimentação.

(1) As formas de aço para pavimentação têm o comprimento médio de 3 m e sua altura varia de 20 a 30 cm.

(2) As formas são ancoradas no solo por pinos metálicos.

## 12-3. DIMENSIONAMENTO DAS FORMAS DE MADEIRA

**a. Formas de madeira para vigas-parede -** Para se chegar ao dimensionamento, obedecer à sequência a seguir:

(1) determinar as peças disponíveis para painéis, montantes e demais elementos.

(2) determinar a produção de concreto, dividindo a capacidade da betoneira ($m^3$) pelo tempo de preparo (min). No tempo de preparo estão incluídos os tempos para carregamento dos ingredientes, mistura e descarga. Se houver mais de uma betoneira, multiplicar a produção pelo número de betoneiras.

$$\text{Produção de concreto } (m^3/h) = \frac{\text{capacidade da betoneira } (m^3) \times 60}{\text{tempo de preparo (min)}}$$

(3) determinar a área da forma compreendida pelo comprimento e a espessura da parede.

$$\text{Área } (m^2) = L \times B$$

(4) determinar a taxa de lançamento de concreto nas formas pela expressão:

$$\text{Taxa de lançamento } (m/h) = \frac{\text{Produção de concreto } (m^3/h)}{\text{Área de forma } (m^2)}$$

(5) tirar a termperatura do concreto ao ser lançado nas formas ou estimá-la.

(6) determinar a pressão máxima do concreto ($Kg/cm^2$) na figura 12-6, entrando com a temperatura do concreto e a taxa de lançamento.

(7) determinar o espaçamento máximo entre os montantes na figura 12-7, entrando com a pressão do concreto e o tipo de forma. Arredondar para menos os valores do espaçamento, quando não forem múltiplos de 5 cm.

(8) determinar a carga uniformemente distribuída num montante, utilizando-se a expressão:

| Carga uniformemente distribuída (kg/cm) = pressão conreto ($kg/cm^2$) x afastamento dos montantes (cm). |
|---|

(9) determinar o afastamento máximo entre travessões, na figura 12-8, entrando com a carga uniformemente distribuída e o tipo de travessão.

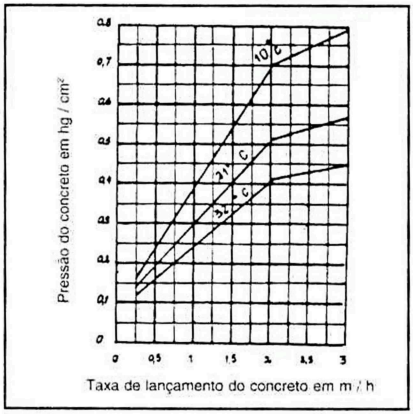



Fig 12-6. Pressão do concreto nas formas

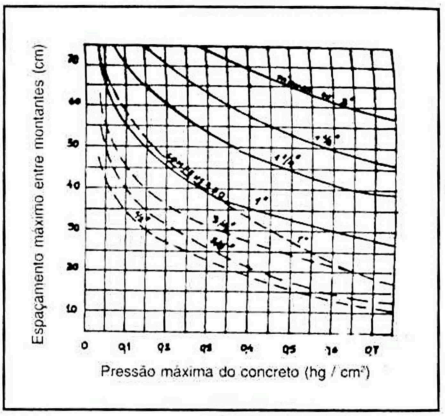



Fig 12-7. Espaçamento máximo entre montantes

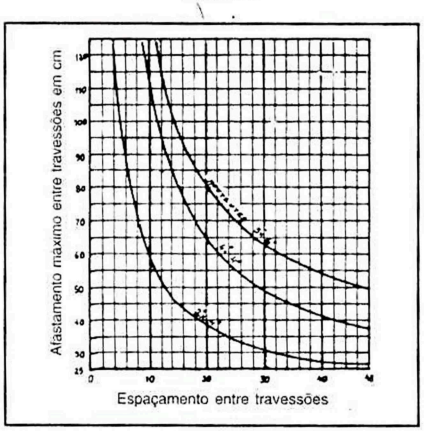



Fig 12-8. Espaçamento entre travessões

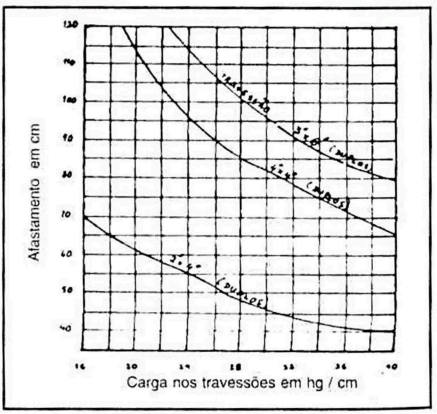



Fig 12-9. Espaçamento entre arames de amarração

(10) determinar a carga uniformemente distribuída em um travessão, empregando a seguinte expressão:

| Carga uniformemente distribuída / travessão (kg/cm) = pressão máxima de concreto (kg/cm²) x espaçamento entre travessões (cm) |
|---|

(11) determinar o espaçamento entre os arames de amarração, na figura 12-9, entrando com o tipo de arame e a carga uniforme no travessão.

(12) Determinar o espaçamento entre os arames de amarração, baseando-se na resistência do arame e a carga distribuída por travessão. Se possível, usar um bitola de arame que permita um espaçamento entre os arames igual ou maior do que o espaçamento dos montantes. Usar sempre dois fios torcidos de arame. A tabela 12-3 apresenta a resistência de arames.

$$\text{Espaçamento entre os arames (cm)} = \frac{\text{Resistência do arame (kg)}}{\text{Carga em 1 travessão (kg/cm)}}$$

(13) escolher o menor dos espaçamentos entre os arames, comparando os espaçamentos obtidos dos Nr (11) e (12).

(14) comparar o espaçamento para os arames com o espaçamento para os montantes (13) e (7). Se o espaçamento dos arames for menor do que o espaçamento dos montantes , diminuir o espaçamento dos montantes, tornando-o igual ao dos arames. Se o espaçamento dos arames for maior do que os dos montantes, diminuir o espaçamento dos arames, tornando-o igual ao dos montantes.

(15) determinar o número de montantes para um lado da forma, dividindo o comprimento da forma pelo espaçamento entre os montantes. Somar 1 a este resultado e arredondar para o número inteiro maior mais próximo.

$$\text{Números de montantes} = \frac{\text{Comprimento da forma (m)}}{\text{Espaçamento entre montantes (m)}} + 1$$

(16) determinar o número de travessões para um lado da forma, dividindo a altura da forma pelo espaçamento dos travessões. Arredondar para o número inteiro maior mais próximo. Colocar o primeiro travessão com a

metade do espaçamento máximo da borda da forma e os restantes com o espaçamento máximo.

(17) determinar o tempo necessário para lançamento do concreto, dividindo-se a altura da forma pela taxa de lançamento.

| Bitola Número | Tipo de arame | Carga de ruptura p/2 fios (kg) | Carga de ruptura p/1 fio (kg) |
|---|---|---|---|
| | Arame de aço | | |
| 8 | | 770 | - |
| 9 | | 640 | - |
| 10 | | 530 | - |
| 11 | | 420 | - |
| | Arame farpado | | |
| 12 1/2 | | - | 430 |
| 13 | | - | 295 |
| 13 1/2 | | - | 430 |
| 14 | | - | 295 |
| 14 1/2 | | - | 385 |

Tab 12-3. Resistência de arames

**b. Exemplo de dimensionamento de formas para vigas-parede -** Dimensionar as formas para um muro de concreto de 12 m de comprimento , 60 cm de espessura e 3 m de altura. A betoneira disponível produz 0,45 $m^3$ de concreto a cada 5 min (tempo de preparo). A termperatura do concreto foi estimada em 21º C. A madeira disponível é de peças de 5 x 10 cm, tábuas de 2,5 cm e arame número 9.

**Solução:**

(1) Material disponível: peças de 5 x 10 cm, tábuas de 2,5 cm e arame número 9.

(2) Produção de concreto: $= \dfrac{0{,}45\ m^3 \times 60}{5\ min} = 5{,}4\ m^3/h\ 5\ min$

(3) Área das formas: 12 x 0,6 m = 7,2 $m^2$

(4) Taxa de lançamento de concreto: $= \dfrac{5{,}4\ m^3/h}{7{,}2\ m^2} = 0{,}75\ m/h$

(5) Temperatura do concreto: 21º C

(6) Pressão máxima do concreto (Fig 12-6) = 0,22 Kg/cm²

(7) Espaçamento máximo entre montantes (Fig 12-7) = 45 cm

(8) Carga uniformemente distribuída nos montantes: 0,22 Kg/cm² x 45 cm = 9,9 Kg/cm

(9) Espaçamento máximo entre travessões (Fig 12-7) = 55 cm

(10) Carga uniformemente distruibuída nos travessões: 0,22 Kg/cm² x 55 cm = 12,10 Kg/cm

(11) Afastamento entre os arames de amarração (Fig 12-9), devido às dimensões dos travessões - maior que 75 cm

(12) Afastamento entre os arames de amarração, devido à resistência do arame (tabela 12-3):

$$\frac{640 \text{ kg}}{12{,}10 \text{ kg/cm}} = 52{,}89 \text{ cm; usa-se } 50 \text{ cm}$$

(13) Espaçamento máximo entre arames: 50 cm

(14) Como o espaçamento entre os montantes é de 45 cm e menor do que 50 cm, deve-se usar entre os arames o afastamento de 45 cm.

(15) Número de montantes para um lado da forma:

$$\frac{12 \text{ m}}{0{,}45 \text{ m}} + 1 = 27{,}7 \cong 28 \text{ montantes}$$

(16) Número de travessões duplos para um lado da forma:

$$\frac{3 \text{ m}}{0{,}55 \text{ m}} = 5{,}45 \cong 6$$

(17) Tempo necessário para o lançamento do concreto:

$$\frac{3 \text{ m}}{0{,}75 \text{ m/h}} = 4 \text{ h}$$

**c. Formas de madeira para pilares (ou colunas) -** Para se chegar ao dimensionamento, obedecer à seguinte sequência:

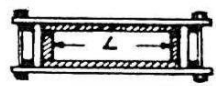
(1) determinar o material disponível para o painel das formas, gravatas e cintas. O material padronizado mais recomendado é de peças de 5 x 10 cm e tábuas de 2,5 cm (1").

(2) determinar a altura do pilar.

(3) determinar a maior dimensão da seção transversal do pilar.

(4) determinar o espaçamento entre gravatas entrando na tabela 12-4.

| ALTURA DO PILAR (m) | MAIOR DIMENSÃO DO PILAR L (cm) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 40 | 45 | 50 | 60 | 70 | 75 | 80 | 90 |
| 0,3 | 78 | 73 | 68 | 58 | 53 | 50 | 48 | 43 |
| 0,6 | 78 | 73 | 68 | 58 | 53 | 50 | 48 | 43 |
| 0,9 | 78 | 70 | 65 | 58 | 53 | 50 | 48 | 43 |
| 1,2 | 78 | 70 | 65 | 58 | 50 | 48 | 45 | 43 |
| 1,5 | 75 | 70 | 65 | 58 | 45 | 45 | 43 | 38 |
| 1,8 | 75 | 70 | 65 | 55 | 38 | 45 | 33 | 30 |
| 2,1 | 73 | 65 | 60 | 40 | 33 | 30 | 25 | 28 |
| 2,4 | 73 | 65 | 53 | 35 | 30 | 30 | 25 | 20 |
| 2,7 | 53 | 50 | 40 | 33 | 25 | 23 | 20 | 18 |
| 3,0 | 53 | 46 | 38 | 30 | 23 | 20 | 20 | 15 |
| 3,3 | 50 | 40 | 35 | 28 | 23 | 20 | 18 | 15 |
| 3,6 | 45 | 38 | 30 | 25 | 20 | 18 | 15 | |
| 3,9 | 38 | 33 | 28 | 23 | 20 | 18 | | |
| 4,2 | 35 | 30 | 28 | 23 | 20 | 15 | | |
| 4,5 | 33 | 30 | 25 | 20 | 18 | | | |
| 4,8 | 33 | 28 | 25 | 20 | 15 | | | |
| 5,1 | 30 | 28 | 25 | | | | | |
| 5,4 | | 28 | 23 | | | | | |
| 5,7 | | 25 | | | | | | |
| 6,0 | | 23 | | | | | | |




Entrada na 1ª coluna, altura do pilar; seguir depois na horizontal até encontrar a coluna da maior dimensão; tomar todos os espaçamentos: iniciando na interseção. Ex: altura do pilar de 5,1 m e maior dimensão de 60 cm - afastamento das gravatas, a partir da base: 20, 23, 23, 25, 28, 30, 33, 35, 40, 55, 58, 58 e 58.

Tab 12-4. Espaçamento de gravatas de formas de pilar

**d. Exemplo de dimensionamento de formas para pilares -** Determinar o espaçamento entre gravatas para um pilar de 2,7 m de altura, que tem 90 cm como maior dimensão em sua seção transversal. Material: peças de 5 x 10 cm e tábuas de 2,5 cm.

Solução:

(1) Material disponível: peças de 5 x 10 cm e tábuas de 2,5 cm.

(2) Altura do pilar: 2,7 m

(3) Maior dimensão do pilar: 90 cm

(4) Espaçamento entre gravatas - a partir da base do pilar para cima: 20, 25, 28, 30, 38, 43, 43.

## 12-4. FATORES IMPORTANTES A CONSIDERAR NA MISTURA DE CONCRETO

| ITEM | CONSIDERAÇÕES |
|---|---|
| Agregado Miúdo (areia) e Graúdo | Possuir resistência mecânica maior que a da pasta endurecida. Ser quimicamente inerte e isento de pó, substâncias orgânicas, óleos, etc. Conter agregados de diâmetros menores para uma perfeita moldagem. Ter diâmetro o maior possível, porém, menor que a distância entre as barras de aço e menor que a distância entre as paredes da forma e a armação. A quantidade de agregados para cada mistura de concreto deverá ser cuidadosamente medida em peso ou em volume. |
| Água | Não deve conter impurezas (argilas, silte, matéria orgânica, álcalis, sulfato ... ) que interfiram negativamente com a reação do cimento. Água boa: potável. A quantidade necessária de água deverá ser cuidadosamente medida. |
| Fator Água/ Cimento (x) | É o resultado da divisão do peso da água pelo peso do cimento contidos em uma massa de concreto. Reflete diretamente a resistência do concreto. Quanto menor o seu valor, melhor é a resistência e durabilidade do concreto. Sendo o cimento o componente mais caro do concreto, em igualdade de resistência, será mais econômico utilizar o concreto mais seco. |

Tab 12-5. Agregados, areias e fator água-cimento

## 12-5. TIPOS DE CIMENTOS PORTLAND

São conhecidos os seguintes tipos de cimentos Portland: composto, de alto-forno, pozolânico e de alta resistência inicial.

| Cimento Portland | Classe | Resistência à compressão aos 28 dias de idade (Kg/cm²) | | Observações |
|---|---|---|---|---|
| | | Limite Inferior | Limite Superior | |
| CP I Comum<br>CP I-S Comum com Adição | 25<br>32<br>40 | 250<br>320<br>400 | 420<br>490<br>- | Emprego nos casos comuns de fabricação de argamassa e concreto |
| CP II - E Composto com Escória<br>CP II - Z Composto com Pozolana<br>CP II - F Composto com Filler | 25<br>32<br>40 | 250<br>320<br>400 | 420<br>490<br>- | |
| CP III De Alto - Forno | 25<br>32<br>40 | 250<br>320<br>400 | 420<br>490<br>- | Pode ter seu campo de aplicação como o cimento Portland comum, mas, também, em obras em contato com meios agressivos, principalmente sulfatos, águas do mar e de dureza baixa, concreto-massa (barragem) devido ao seu baixo calor de hidratação e em concretos com agregados reativos. |
| CP I V Pozolânico | 25<br>32 | 250<br>320 | 420<br>490 | |
| CP V - ARI De Alta Resistência Inicial | | Resistência à compressão aos 7 dias de idade (Kg/cm²) | | Uso quando a velocidade de construção tem importância fundamental |
| | | Limite Inferior<br>340 | Limite Superior<br>- | |

Tab 12-6. Tipos de cimentos

## 12-6. ESTIMATIVA DA QUANTIDADE DE AGREGADOS EM ESTOQUE

**a.** Os agregados são, na maioria das vezes, estocados em pilhas. Para pilhas de forma cônica, pode-se calcular o volume de agregados (areia, pedregulhos, pedra britada) com a expressão:

Volume = 0,2618 x diâmetro ao quadrado x altura

**b.** Para pilhas de forma prismática (em forma de barraca) utiliza-se a expressão:

| Volume = 0,2618 x diâmetro ao quadrado x altura + 0,5 altura x diâmetro x comprimento de cumieira |
|---|

**c.** O peso de uma pilha de agregados pode ser estimado multiplicando-se o volume pelo peso específico aparente do agregado. O peso específico aparente dos agregados pode ser tomado como 1,6 t/m³.

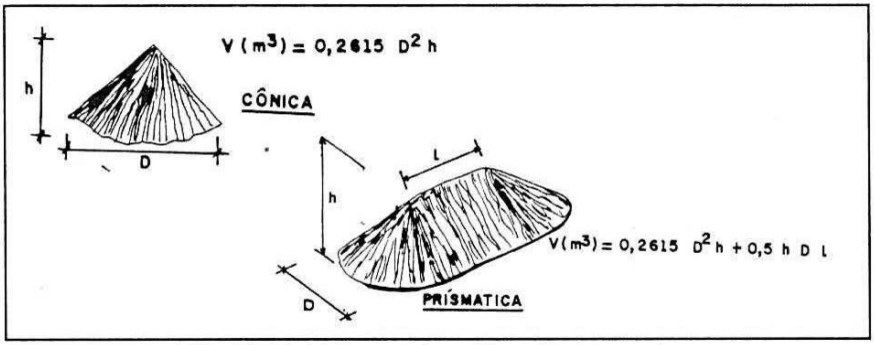



Fig 12-10. Volumes das pilhas de agregados

**d. Exemplos:**

(1) volume de uma pilha cônica de 15 m de diâmetro e 6 m de altura.

| Volume = 0,2618 x 225 x 6 = 353,43 m³; peso = 353,43 x 1,6 = 565,5t. |
|---|

(2) volume de uma pilha prismática de diâmetro de 12 m, altura de 5,4 m, comprimento da cumieira de 20 metros.

| Volume = 0,2618 x 144 x 5,4 + 0,5 x 5,4 x 12 x 20 = 203,58 + 648,00 = 851,58 m³; peso = 851,58 m³ x 1,6 t/m³ = 1.362,53 t |
|---|

## 12-7. DOSAGEM DO CONCRETO

Chama-se traço a maneira de exprimir a composição do concreto. O traço tanto pode ser indicado pelas proporções em peso como em volume e, algumas vezes, adota-se uma indicação mista: o cimento em peso e os agregados em volume. Seja qual for a forma adotada, toma-se sempre o cimento como unidade e relacionam-se as demais quantidades à quantidade de cimento. A tabela 12-7 serve como orientação para a escolha de traços do concreto, para o cálculo do volume do material a ser empregado e para a indicação da resistência provável à compressão. Existem dois processos de dosagem de concreto: empírica e racional.

**a. Dosagem empírica -** É o proporcionamento do concreto feito em bases arbitrárias, fixadas pela experiência de obras. Para volumes grandes de concreto, deverão ser usadas betoneiras; para pequenos volumes, a mistura manual é adequada.

**b. Dosagem racional -** Para obras de vulto e de responsabilidade deverá ser usada a dosagem racional, na qual os materiais constituintes (cimento, agregados e água) e o produto final (concreto) são ensaiados em laboratórios, segundo processos padronizados (normas da ABNT, ABCP e outros). Os constituintes são medidos em peso.

**c. Mistura do concreto**

(1) Mistura manual - Colocam-se numa plataforma limpa e impermeável a areia e o cimento. Misturam-se até obter uma coloração uniforme. A seguir, é adicionado o agregado graúdo e misturado. Abre-se então uma cratera no centro da mistura, onde é lançada a água de amassamento e continua-se a mistura até que o concreto adquira homogeneidade.

(2) Mistura mecânica ou em betoneiras - O cimento, a areia e o agregado são colocados na caçamba e, após, lançados dentro da betoneira. A água é lançada a partir de um depósito colocado em cima da betoneira (onde é medida). O agregado graúdo é colocado primeiro na caçamba, a seguir é lançado o cimento (geralmente um saco) e depois a areia. O tempo mínimo de mistura é de 1 minuto e máximo de 40 minutos.

## 12-8. ESTIMATIVA DA QUANTIDADE DE MATERIAIS

**a. Cálculo do volume de concreto necessário, em $m^3$ -** Após ter sido escolhido o traço, consultar a tabela 12-7, para estimativa da quantidade de materiais necessários, dando um acréscimo de 10% para as perdas eventuais.

**b. Exemplo -** Determinar a quantidade de material necessário para concretar um piso de um pavilhão.

Espessura do piso = 15 cm; área do piso = 200 $m^2$.

(1) Volume de concreto necessário = 0,15 x 200 = 30 $m^3$.

(2) Traço escolhido = 1 : 2, 5 : 3 , 5

(3) Quantidade de cimento = 293 Kg/$m^3$ x 30 $m^3$ = 8.790 Kg de cimento (coluna 2 da tabela 12-7).

Acréscimo de 10% - 9.669 Kg ou 9.669/50 = 194 sacos

(4) Quantidade de agregados:

(a) Areia - 0,662 x 30 = 19,86 $m^3$ c/ acréscimo = 21,85 $m^3$

(b) Brita 1 - 0,362 x 30 = 10,86 $m^3$ c/ acréscimo = 11,95 $m^3$

(c) Brita 2 - 0,362 x 30 = 10,86 $m^3$ c/ acréscimo = 11,95 $m^3$

| TRAÇO EM VOLUME | CONSUMO DE MATERIAIS POR m³ DE CONCRETO | | | | | RESISTÊNCIA PROVÁVEL (Kg/Cm²) À COMPRESSÃO | | | PADIOLAS | | | | | | ÁGUA (1) | | RENDIMENTO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CIMENTO (Kg) | AREIA ÚMIDA (3%) (m³) | PEDRA BRITADA (m³) | | ÁGUA (1) | 3 d | 7 d | 28 d | ALTURA (cm) | | | Nr PARA 1 SACO DE CIMENTO | | | POR Kg DE CIMENTO | POR 50 Kg DE CIMENTO (SC) | CADA SACO PRODUZ VOLUME (m³) DE CONCRETO |
| | | | Nr 1 | Nr 2 | | | | | AREIA | BR 1 | BR 2 | AREIA | BR 1 | BR 2 | | | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) | (15) | (16) | (17) | (18) |
| 1 : 1 : 2 | 514 | 0,465 | 0,363 | 0,363 | 226 | 228 | 300 | 400 | 28,7 | 22,4 | 22,4 | 1 | 1 | 1 | 0,44 | 22 | 0,0972 |
| 1 : 1 , 5 : 3 | 387 | 0,524 | 0,409 | 0,409 | 189 | 188 | 254 | 350 | 21,5 | 33,6 | 33,6 | 2 | 1 | 1 | 0,49 | 24,5 | 0,129 |
| ! : 2 : 2 , 5 | 374 | 0,676 | 0,330 | 0,330 | 206 | 148 | 208 | 298 | 28,7 | 28,1 | 28,1 | 2 | 1 | 1 | 0,55 | 27,5 | 0,133 |
| 1 : 2 : 3 | 344 | 0,622 | 0,364 | 0,364 | 210 | 177 | 172 | 254 | 28,7 | 33,6 | 33,6 | 2 | 1 | 1 | 0,61 | 30,5 | 0,146 |
| 1 : 2 : 3 , 5 | 319 | 0,719 | 0,337 | 0,337 | 207 | 100 | 150 | 228 | 23,9 | 33,6 | 33,6 | 3 | 1 | 1 | 0,65 | 32,5 | 0,158 |
| 1 : 2 : 4 | 297 | 0,538 | 0,420 | 0,420 | 202 | 90 | 137 | 210 | 28,7 | 22,4 | 22,4 | 2 | 2 | 2 | 0,68 | 34,0 | 0,168 |
| 1 : 2 , 5 : 3 , 5 | 293 | 0,662 | 0,362 | 0,362 | 208 | 80 | 123 | 195 | 23,9 | 19,6 | 19,6 | 3 | 2 | 2 | 0,71 | 35,5 | 0,171 |
| 1 : 2 , 5 : 4 | 276 | 0,623 | 0,390 | 0,390 | 201 | 74 | 114 | 185 | 23,9 | 22,4 | 22,4 | 3 | 2 | 2 | 0,73 | 36,5 | 0,181 |
| 1 : 2 , 5 : 5 | 246 | 0,557 | 0,435 | 0,435 | 195 | 58 | 94 | 157 | 23,9 | 28,0 | 28,0 | 3 | 2 | 2 | 0,79 | 39,5 | 0,203 |
| 1 : 3 : 5 | 229 | 0,622 | 0,405 | 0,405 | 202 | 40 | 70 | 124 | 28,7 | 28,0 | 28,0 | 3 | 2 | 2 | 0,88 | 44,0 | 0,218 |
| 1 : 3 : 6 | 208 | 0,564 | 0,441 | 0,441 | 198 | 30 | 54 | 100 | 28,7 | 33,6 | 33,6 | 3 | 2 | 2 | 0,95 | 47,5 | 0,240 |

**OBSERVAÇÕES**

As padiolas terão sempre a largura de 35 cm e o comprimento de 4,5 cm, internamente

Estruturas comuns, traço indicado 1 : 2,5 : 3,6

Estruturas expostas à ação do tempo, em contato permanente com a água, traço indicado 1 : 2 : 3

Tab 12-7. Orientação para traços de concreto em volume

(5) Quantidade de água para fazer a mistura do concreto: 35,5 litros para cada saco de cimento de 50 Kg.

(6) Tamanho das padiolas:

(a) Padiola da areia = 45 x 35 x 23,9 cm

(b) Padiola da pedra britada - (1 e 2) = 45 x 35 x 19,6 cm

(7) Quantidade de padiolas de agregados para 1 saco de cimento:

(a) Areia - 3 padiolas

(b) Brita 1 - 2 padiolas

(c) Brita 2 - 2 padiolas

(d) Outra alternativa seria 3 padiolas de areia e 4 padiolas de brita 1 ou 2.

## 12-9. LANÇAMENTO DO CONCRETO

**a.** Todas as formas deverão ser molhadas antes da concretagem e, em muitos casos, deverão receber uma pintura de óleo, para facilitar a sua remoção.

**b.** O concreto não deverá ser lançado nas formas de alturas maiores que 2,0 m, a menos que se disponha de calha inclinada ou correias transportadoras. Para peças como pilares de grandes alturas, podem-se abrir janelas laterais nas formas, por onde é lançado o concreto.

**c.** Assim que o concreto é lançado, deverá ser adensado por vibradores ou por meio de hastes ou pás. Cuidar para que a vibração não seja excessiva, o que ocasionará a segregação do concreto (concentração em separado dos agregados).

## 12-10. CURA E PROTEÇÃO DO CONCRETO

**a.** Dá-se o nome de cura ao conjunto de medidas com a finalidade de evitar a evaporação prematura da água necessária à hidratação do cimento. A cura do concreto pode ser realizada por vários processos:

(1) irrigação periódica das superfícies e recobrimento das superfícies com areia ou sacos de aniagem rompidos, que são mantidos sempre úmidos (14 dias).

(2) irrigação nas superfícies de compostos impermeabilizantes. Não usar os compostos impermeabilizantes se a temperatura estiver acima de 38º C e o ar estiver seco.

**b.** O concreto fresco não deve ficar exposto a temperaturas inferiores a 5º C.

## 12-11. BETONEIRAS

**a.** É o equipamento empregado para a execução da mistura mecanizada. Constituída essencialmente de um tambor ou cuba, fixo ou móvel em torno de um eixo que passa pelo seu centro. Nesse tambor, por meio de pás que podem ser fixas ou móveis, processa-se a mistura.

Pode ser acionada manualmente, ou por meio de motor elétrico ou a explosão.

Quando usada para fabricação contínua, o funcionamento da máquina não se interrompe para carga ou descarga, pois os componentes são colocados numa extremidade da máquina e o concreto sai pronto pela outra.

Quando usada de modo intermitente, a mesma recebe os componentes, executa uma "betonada" e, em seguida, são esvaziados, e assim sucessivamente.

| FABRICAÇÃO | | | PRODUÇÃO HORÁRIA | CAPACIDADE | OBSERVAÇÃO |
|---|---|---|---|---|---|
| Contínua | Queda Livre | | Depende do diâmetro do tambor, pois tem número de rotações limitado. | | Para obter um concreto bem feito, o tubo deve ser muito comprido. |
| | Forçadas | | | | Indicada quando o transporte se faz por um processo contínuo ou quando se empregam grandes massas de concreto. |
| Intermitente | Queda Livre | Eixo inclinado ou Basculante | 3 a 10 m³ de concreto | 150 a 300 l /carga | A carga e descarga se fazem pela mesma abertura do tambor. |
| | | Eixo Horizontal | Até 35 m³ de concreto | 350 a 1500 l / carga | O tambor apresenta duas aberturas: uma para carga e outra para descarga. |
| | Forçadas | Cuba Fixa | 15 m³ de concreto | 500 l / carga | Essas betoneiras também são conhecidas como de Eixo Vertical. |
| | | Cuba Móvel ou Contra-corrente | | | |

Tab 12-8. Capacidade e produção das betoneiras

**b. Colocação dos Materiais**

(1) Aconselha-se, no caso de betoneiras pequenas, de carregamento manual, a seguinte sequência:

- água - agregado graúdo - cimento - agregado miúdo.

(2) No caso de betoneiras carregadas mediante caçamba carregadora, aconselha-se a colocação na caçamba, formando camadas, a seguinte sequência:

- 50% do agregado graúdo - 100% do agregado miúdo - 100% do cimento - 50% do agregado graúdo

A água é lançada simultaneamente, na ocasião do lançamento do material da caçamba na betoneira.

**c. Capacidade das Betoneiras e Betonadas**

Destingue-se três tipos de capacidade:

- capacidade do tambor (Vt): volume total do tambor (cuba).

- capacidade da mistura seca (Vms): soma dos volumes aparentes dos materiais secos (cimento + areia + brita), medidos antes da introdução no tambor.

- capacidade de produção (Vcto): volume de concreto homogêneo e adensado.

| RELAÇÃO ENTRE CAPACIDADES | TIPO DE BETONEIRA | | |
|---|---|---|---|
| | BASCULANTE | EIXO HORIZONTAL | EIXO VERTICAL |
| Vms / Vt | 0,70 | 0,45 | 0,50 |
| Vcto / Vms | | 0,65 | |
| Vcto / Vt | 0,30 | 0,55 | 0,30 |
| Vms - Volume da mistura seca<br>Vt - Volume do tambor<br>Vcto - Volume de concreto | | | |

Tab 12-9. Tipos de betoneiras

Os fabricantes de betoneiras costumam identificar as betoneiras ou por sua capacidade de mistura, ou por sua capacidade de produção de concreto, ou por ambas.

É conveniente usar, em cada betonada, um número inteiro de sacos de cimento pois, em canteiro, torna-se difícil a medida do peso de fração do saco.

Para calcular o rendimento de uma betoneira, o número de betonadas necessárias à execução de uma quantidade prevista de concreto, utiliza-se a capacidade de produção.

**d. Tempo de Mistura**

O amassamento mecânico deve durar, sem interrupção, o tempo necessário para permitir a homogeneização da mistura. O tempo mínimo de amassamento em segundos será:

- betoneira basculante: $t = 120 \sqrt{Dt}$
- betoneira eixo horizontal: $t = 60 \sqrt{Dt}$
- betoneira eixo vertical: $t = 30 \sqrt{Dt}$

Sendo: Dt = diâmetro do tambor em metros
O tempo (t) não deve ser menor que 60 segundos

**e. Limpeza de Betoneira**

A limpeza da betoneira deverá ocorrer após cada utilização. Toda a pasta de cimento deverá ser removida, tanto externa como internamente. Para auxiliar a limpeza por dentro, água e pequenas pedras poderão ser colocadas, pondo-se em funcionamento a betoneira. Depois de feita a limpeza, uma leve camada de óleo deverá ser passada na superfície externa da betoneira, para previnir que nas futuras concretagens haja aderência de concreto.

## 12-12. ALVENARIA

**a. Definição**

São maciços compostos de materiais sólidos (pedras, tijolos, aglomerados, etc...) ligados ou não com argamassas, formando conjuntos de formas e dimensões determinadas. Possuem dupla função: resistência e vedação.

**b. Paredes de pedras naturais**

| TIPO | | CARACTERÍSTICAS | USO | ARGAMASSA |
|---|---|---|---|---|
| Pedra Bruta: | Sêca | Blocos pequenos de pedras irregulares sem nenhum preparo. | Fundações com água não drenada. Embasamento. Paredes de sustentação de terra e de edificações de importância secundária. | - |
| | Argamassada | | Muros de arrimo. Muros divisórios, fundações e paredes de sustentação de edificações. | Ci + areia 1 : 3 a 1 : 8 Cal + areia - 1 : 2 |
| Pedra Aparelhada | | Possuem a face aparente aparelhada (face plana) e as demais faces, toscamente trabalhadas para melhorarem as irregularidades. | Mais empregada em revestimentos que propriamente em alvenaria resistentes. | Contato com água Ci + areia 1 : 1 a 1: 3 Sem contato com água Ci + areia 1 : 3 ou 1 : 4 |
| Cantaria | | Exige o conhecimento de corte de pedra. Teoricamente deve dispensar a argamassa. As pedras são aparelhadas em todas as faces | Construção de monumentos, mausoleos e raramente como sustentação ou vedação das edificações | Ci + areia 1 : 3 |

Tab 12-10. Parede de pedras

### c. Paredes de pedras artificiais

| TIPOS | USOS | ASSENTAMENTO | ARGA-MASSADA | RESIS-TENCIA |
|---|---|---|---|---|
| Tijolo<br>1. Maciço<br>5 x 10 x 20 cm<br>outras<br><br>2. Furados<br>10 x 10 x 20 cm<br>10 x 10 x 40 cm<br>7 x 20 x 40 cm<br>outras | Em paredes de sustentação | Cutelo ou espelho: segundo a espessura e o maior comprimento (Fig 12-11).<br>Frontal ou 1/2 vez: segundo a largura e o maior comprimento.<br><br>Um tijolo ou uma vez: espessura de parede é igual ao comprimento do tijolo. | Cal + areia<br>1 : 3 e 1 : 4<br><br>Cal+Ci+areia<br>1 : 1 : 5,<br>1 : 2 : 8<br>e 1 : 2 : 4<br><br>Ci + areia<br>1 : 3 a 1: 8 | 5 a 10<br>Kg / cm² |
| | Em paredes de enchimento ou de vedação e raramente em paredes de sustentação. | | | 4 a 8<br>Kg / cm² |
| Blocos de Concreto<br><br>10 x 20 x 40 cm<br>20 x 20 x 40 cm<br><br>outras | Empregados do mesmo modo que os tijolos comuns. Vantagens: são isolantes térmicos e podem deixar de receber revestimentos. | Com os furos na vertical. | Ci + areia<br><br>1 : 6 a 1 : 8 | 60 Kg / cm² |

Tab 12-11. Parede de tijolos

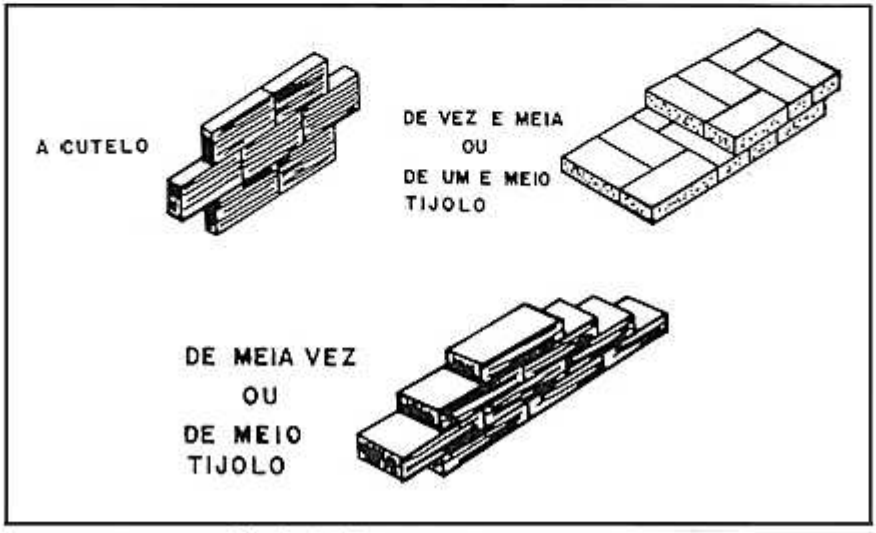



Fig 12-11. Tipos de paredes de tijolos

## 12-13. DIMENSIONAMENTO DAS CONSTRUÇÕES DE ALVENARIA

| TIPO DE SERVIÇO | UNIDADE | MATERIAL E/OU MÃO-DE-OBRA | CONSUMO | UNIDADE |
|---|---|---|---|---|
| Escavação manual de valas (solos) | $m^3$ | 1 homem | 4,5 | hora |
| Reaterro apiloado de vales | $m^3$ | 1 homem | 3,85 | hora |
| Argamassa de cimento e areia peneirada<br>Traço 1 : 2 .....<br>Traço 1 : 3 .....<br>Traço 1 : 4 ..... | $m^3$ | <br>Cimento<br>Areia seca<br>Cimento<br>Areia seca<br>Cimento<br>Areia seca | <br>643<br>0,8238<br>486<br>0,9354<br>365<br>0,9354 | <br>kg<br>$m^3$<br>kg<br>$m^3$<br>kg<br>$m^3$ |
| Lastro de concreto | $m^2$ | Cimento<br>Areia média<br>Brita 1<br>Brita 2 | 220<br>0,6765<br>0,263<br>0,615 | kg<br>$m^3$<br>$m^3$<br>$m^3$ |
| Alvenaria em bloco de concreto<br>bloco de 14x19x39 cm; espessura 14 cm<br>bloco 19x19x39 cm; espessura 19 cm | $m^2$ | Bloco de concreto | 13,13 | unid |
| Alvenaria com tijolos comuns 5x10x20 cm<br>- espessura 5 cm<br>- espessura 10 cm<br>- espessura 20 cm | $m^2$ | Tijolo comum<br>Tijolo comum<br>Tijolo comum | 46<br>84<br>159 | unid<br>unid<br>unid |
| Alvenaria c/ tijolo cerâmico 10x20x20 cm<br>- espessura 10 cm<br>- espessura 20 cm | $m^2$ | Tijolo cerâmico<br>Tijolo cerâmico | 25<br>47 | unid<br>unid |
| Cobertura com telha cerâmica<br>- tipo francesa ou marselhesa<br>- tipo paulista ou colonial<br>- tipo plan | $m^2$ | Telha francesa<br>Telha paulista<br>Telha plan | 16<br>25<br>24 | unid<br>unid<br>unid |
| Assentamento de piso cerâmico | $m^2$ | Piso cerâmico | 1,10 | $m^2$ |
| Assentamento de piso com tábuas corridas | $m^2$ | Tábua corrida de 10 ou 20 cm de largura | 1,05 | $m^2$ |
| Colocação de tacos de madeira | $m^2$ | Taco comum | | |
| Assentamento de azulejos (paredes) | $m^2$ | Azulejos | | |
| Assentamento de pastilhas (paredes) | $m^2$ | Pastilhas | 1,02 | $m^2$ |
| Assentamento de mármore (paredes) | $m^2$ | Placa de mármore | 1,05 | $m^2$ |
| Pintura látex em paredes internas, duas demãos, sem massa corrida (para parede externa, acrescentar 0,05 1 de aguarás mineral / $m^3$ | $m^2$ | Tinta látex<br>Líquido selador<br>Lixa | 0,17<br>0,12<br>0,25 | 1<br>1<br>unid |
| Pintura com verniz acrílico, sobre paredes de concreto, duas demãos | $m^2$ | Verniz acrílico | 0,12 | 1 |

Tab 12-12. Consumo de materiais nas construções

| MATERIAL DE PINTURA | UNIDADE | RENDIMENTO |
|---|---|---|
| Massa corrida látex | galão | 8,0 m² |
| Massa corrida óleo | galão | 6,0 m ² |
| Tinta látex, esmalte ou óleo | galão | 30,0 m² |
| Verniz para madeira | galão | 35,0 m² |

Tab 12-13. Consumo de tintas e revestimentos

## 12-14. GABARITOS PARA INSTALAÇÕES SANITÁRIAS

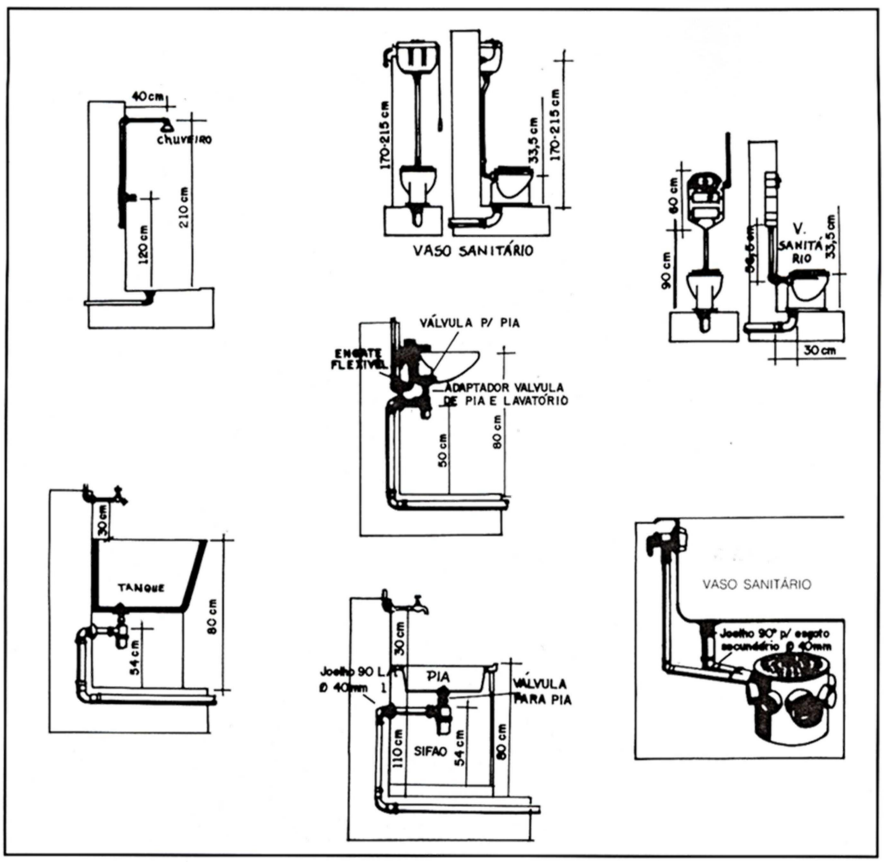



Fig 12-12. Gabaritos para instalações sanitárias

# CAPÍTULO 13

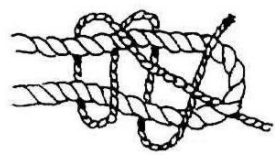
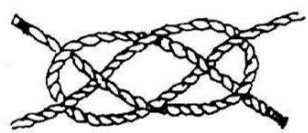
# NÓS E APARELHOS DE FORÇA

## ARTIGO I

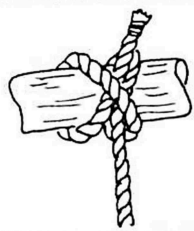
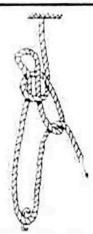
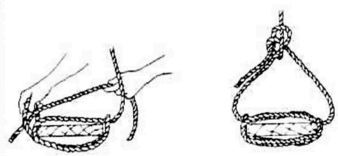
## NÓS, CABOS E CORRENTES

### 13-1. CARACTERÍSITCAS DOS NÓS

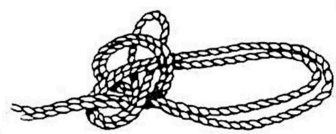
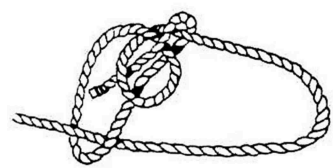
A Tabela 13-1 apresenta as características dos tipos mais usados.

| TIPO | NOME | FIGURA | EMPREGO |
|---|---|---|---|
| EMENDA | DIREITO | | Emendar dois cabos do mesmo diâmetro. Não desata, mas fica fortemente apertado sob tensão. |
| | TECELÃO DUPLO |  | Emendar cabos molhados, de diâmetros diferentes ou ligar um cabo a uma alça. Não desata e não fica fortemente apertado sob tensão. |
| | ABOÇO (*) |  | Unir amarras grossas ou cabos pesados. Não aperta sob a ação de uma carga pesada. |

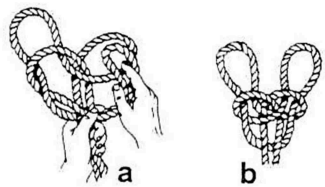
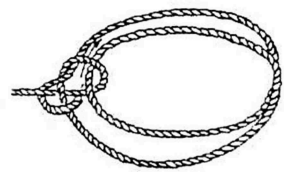
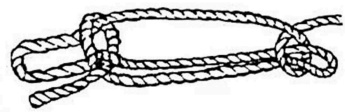
Tab 13-1. Características e tipos de nós

| TIPO | NOME | FIGURA | EMPREGO |
|---|---|---|---|
| AMARRAÇÃO | VOLTA DA RIBEIRA | | Suspender ou arrastar pesados toros de madeira. Mais eficiente se reforçado por corte em torno da peça. |
| | NÓ DE BARQUEIRO (*) |  | Fixar cabos e canos, troncos postes e estacas. Pode ser feito em qualquer parte do cabo. |
| | NÓ PAULISTA |  | Amarrar a carga em viaturas. Tensionar outros cabos em pista de cordas. Tracionar cargas. |
| | NÓ DE ESPIÃO | | Alpinismo, quando se deseja fixar em anel fechado e desfazer à distância. |
| | NÓ DE ANDAIME |  | Suster tábuas de andaime, peças retangulares ou roliças na horizontal para construção de andaimes. |

Tab 13-1. Características e tipos de nós (continuação)

| TIPO | NOME | FIGURA | EMPREGO |
|---|---|---|---|
| AMARRAÇÃO | NÓ DE ANCORA (*) | | Prender um cabo a uma âncora ou onde houver movimento que afrouxe ou aperte o cabo. |
| | GANCHO | | Prender um cabo a um gancho. |
| | CABRESTANTE | | Fazer um anel. Não desata sob tração. É desfeito com facilidade |
| ALCEADOS | CABRESTANTE DUPLO |  | Usado normalmente para manter um homem suspenso por tempo prolongado. |
| | CABRESTANTE CORREDIÇO |  | Transportes aéreos. Proporciona uma linga de aperto na extremidade. |

Tab 13-1. Características e tipos de nós (continuação)

| TIPO | NOME | FIGURA | EMPREGO |
|---|---|---|---|
| ALCEADOS | ESPANHOL |   | Trabalhos de salvamento. Içar canos ou outros objetos redondos, por meio de lingas. |
| | FRANCÊS |  | Suspender homens feridos. Usa-se uma alça como assento e outra em volta do corpo, por baixo dos braços. |
| ENCURTAMENTO | CATAU |  | Encurtar cabos ou reforçar partes fracas. Não deve ser feito na ponta do cabo. |
| (*) Também se aplica a cabos metálicos | | | |

Tab 13-1. Características e tipos de nós (continuação)

## 13-2. CARACTERÍTICAS DOS CABOS DE FIBRAS

| DIÂMETRO NOMINAL | | CIRCUN - FERÊNCIA APROXIMADA | | PESO APROXIMADO EM Kg POR METRO | | | RESISTÊNCIA À RUPTURA, EM Kg | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pole-gadas (D) | Milíme-tros (d) | Pole-ga-das (3xD) | Milí - metros (p x d) | Mani-lha Sisal | Nylon | Nypol Sinté-tico | Mani-lha | Sisal | Nylon | Nypol Sinté-tico |
| 1/8 | 4 | 3/8 | 10 | - | - | 0,007 | - | - | - | 155 |
| 3/16 | 5 | 9/16 | 15 | - | 0,017 | - | - | - | 350 | - |
| 1/4 | 6 | 3/4 | 20 | 0,031 | 0,025 | 0,023 | 260 | 210 | 500 | 450 |
| 5/16 | 8 | 1 | 25 | 0,045 | 0,043 | 0,032 | 400 | 320 | 850 | 600 |
| 3/8 | 10 | 1 1/8 | 30 | 0,059 | 0,065 | 0,055 | 600 | 480 | 1.200 | 1.000 |
| 7/16 | 11 | 1 1/4 | 35 | 0,072 | 0,084 | - | 860 | 700 | 1.700 | - |
| 1/2 | 13 | 1 1/2 | 40 | 0,110 | 0,115 | 0,091 | 1.200 | 960 | 2.000 | 1.600 |
| 9/16 | 14 | 1 3/4 | 45 | 0,140 | 0,138 | - | 1.500 | 1.200 | 2.600 | - |
| 5/8 | 16 | 2 | 50 | 0,190 | 0,168 | 0,136 | 2.000 | 1.600 | 3.200 | 2.400 |
| 3/4 | 19 | 2 1/4 | 60 | 0,250 | 0,213 | 0,182 | 2.400 | 2.000 | 4.500 | 3.400 |
| 13/16 | 21 | 2 1/2 | 65 | 0,286 | 0,280 | - | 3.000 | 2.400 | 5.000 | - |
| 7/8 | 22 | 2 3/4 | 70 | 0,300 | 0,340 | 0,282 | 3.500 | 2.800 | 6.000 | 5.000 |
| 1 | 25 | 3 | 80 | 0,405 | 0,433 | 0,396 | 4.000 | 3.200 | 8.000 | 6.500 |
| 1 1/8 | 29 | 3 1/2 | 90 | 0,550 | 0,580 | - | 5.400 | 4.400 | 10.500 | - |
| 1 1/4 | 32 | 3 3/4 | 100 | 0,630 | 0,722 | 0,500 | 6.000 | 5.000 | 12.000 | 10.000 |
| 1 5/16 | 33 | 4 | 105 | 0,727 | 0,780 | - | 7.000 | 5.700 | 13.500 | - |
| 1 1/2 | 38 | 4 1/2 | 120 | 0,910 | 0,936 | 0,682 | 8.400 | 7.000 | 16.000 | 14.000 |
| 1 9/16 | 40 | 4 3/4 | 125 | 1,027 | 1,050 | - | 9.500 | 7.800 | 18.000 | - |
| 1 5/8 | 41 | 5 | 130 | 1,136 | 1,090 | 1,000 | 10.500 | 8.600 | 20.000 | 15.000 |
| 1 3/4 | 45 | 5 1/2 | 140 | 1,350 | 1,390 | - | 12.000 | 10.000 | 23.000 | - |
| 1 7/8 | 48 | 5 3/4 | 150 | 1,455 | 1,550 | - | 13.000 | 11.000 | 26.000 | - |
| 2 | 51 | 6 | 160 | 1,625 | 1,650 | 1,454 | 14.000 | 12.000 | 30.000 | 23.000 |
| 2 1/4 | 57 | 7 | 180 | 2,182 | 2,100 | - | 17.000 | 14.000 | 37.000 | - |
| 2 1/2 | 64 | 7 1/2 | 200 | 2,545 | 2,500 | - | 21.000 | 17.000 | - | - |
| 2 5/8 | 67 | 8 | 210 | 2,932 | 2,900 | - | 24.000 | 20.000 | 50.000 | - |
| 3 | 76 | 9 | 240 | 3,630 | 3,800 | - | 29.000 | 24.000 | 67.000 | - |

**NOTAS** - (1) Os valores dados para as resistências à ruptura referem-se a cabos "novos"utilizados em condições favoráveis. Para cabos "usados"(velhos), dividir por 2 o valor da Tabela.

(2) Para obter a carga de segurança, dividir a resistência à ruptura por 4 (fator de segurança 4).
Exemplo: Qual a carga de segurança de um cabo novo de fibras de nylon, com 1/2 " de diâmetro?
Resposta: Carga de segurança = carga de ruptura / 4 = 2.000/4 = 500 Kg.

Tab 13-2. Especificações dos cabos de sisal, manilha, "nypol" e "nylon"

## 13-3. CARACTERÍSTICAS DOS CABOS DE AÇO

| PARA CABO DE AÇO de 6 x 7 AF, 6 x 19 AF, 6 x 37 AF e 18 x 17 AF | | | | | | PARA CABO DE AÇO de 8 x 19 AF | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DIÂMETRO | | CIRCUNFERÊNCIA APROXIMADA | | PESO APROX | CARGA RUPTURA | PESO APROX | CARGA RUPTURA |
| Pol | mm | Pol | mm | Kg/m | t | Kg/m | t |
| 1/4 | 6 | 3/4 | 20 | 0,15 | 2,4 | 0,15 | 1,63 |
| 5/16 | 8 | 1 | 25 | 0,24 | 3,7 | 0,24 | 2,54 |
| 3/8 | 10 | 1 1/8 | 30 | 0,34 | 5 | 0,33 | 3,72 |
| 7/16 | 11 | 1 3/8 | 35 | 0,46 | 7 | - | - |
| 1/2 | 13 | 1 5/8 | 40 | 0,60 | 9 | 0,55 | 6,58 |
| 9/16 | 14 | 1 3/4 | 45 | 0,76 | 11 | - | - |
| 5/8 | 16 | 2 | 50 | 0,88 | 14 | 0,87 | 10,4 |
| 3/4 | 19 | 2 3/8 | 60 | 1,34 | 20 | 1,25 | 14,5 |
| 7/8 | 22 | 2 3/4 | 70 | 1,83 | 27 | 1,67 | 19,0 |
| 1 | 25 | 3 1/8 | 80 | 2,38 | 35 | 2,20 | 24,5 |
| 1 1/8 | 29 | 3 1/2 | 90 | 3,02 | 44 | 2,6 | 30 |
| 1 1/4 | 32 | 3 7/8 | 100 | 3,72 | 55 | 3,2 | 36 |
| 1 3/8 | 35 | 4 3/8 | 110 | 4,36 | 66 | 3,9 | 45 |
| 1 1/2 | 38 | 4 3/4 | 120 | 5,33 | 78 | 4,7 | 50 |

**NOTAS -** (1) 6 x 7 AF significa um cabo metálico com alma de fibra, composto por 6 cordões, cada um com 7 fios. A mesma regra se aplica para os outros tipos de cabos da tabela.
(2) Para cabos com alma de aço, acrescentar 7,5% às resistências indicadas.
(3) Para cabos galvanizados, reduzir 10% às resistências indicadas.
(4) A carga de trabalho máxima permitida é obtida pela divisão de carga de ruptura pelo fator de segurança apropriado (ver item (5)).
(5) FATORES DE SEGURANÇA DOS CABOS DE AÇO.
(6) Nos casos em que a idade e as condições do cabo sejam duvidosas ou quando vidas humanas ou equipamento de elevado custo possam correr riscos pelo seu rompimento, deve ser adotado um fator de segurança, no mínimo igual a 10.
(7) A resistência varia com o quadrado do diâmetro. Por exemplo, um cabo de 3/4" é quatro vezes mais forte do que outro de 3/8" feito com o mesmo material. Isto porque:
$(3/4 + 3/8)^2 = 4$
(8) Para cabos marítimos 6 x 24 + 7 AF (galvanizado), e cordoalhas de 7 fios de alta resistência, usar a tabela de cabo de aço 8 x 19 AF.

Tab 13-3. Especificações de diferentes cabos metálicos com alma de fibra.

| TIPO DE TRABALHO | FATOR DE SEGURANÇA MÍNIMO |
|---|---|
| Cabos estáticos | 3 e 4 |
| Guinchos e máquinas de terraplanagem | 5 |
| Pontes rolantes e talhas | 6 a 8 |
| Elevadores de baixa velocidade | 8 a 10 |
| Elevadores de alta velocidade | 10 a 12 |

Tab 13-4. Fatores de segurança para cabos de aço

## 13-4. ESPECIFICAÇÕES DAS CORRENTES

| BITOLA EM POLEGADAS | PESO APROXIMADO EM Kg POR METRO | CARGA DE SEGURANÇA EM Kg | | | BITOLA EM MILÍMETROS |
|---|---|---|---|---|---|
| | | FERRO COMUM | AÇO DOCE | AÇO ESPECIAL | |
| 1/4 | 1,190 | 230 | 280 | 500 | 6,4 |
| 3/8 | 2,530 | 610 | 750 | 1.450 | 10 |
| 1/2 | 3,720 | 1.020 | 1.190 | 2.380 | 13 |
| 5/8 | 6,400 | 1.500 | 1.900 | 3.400 | 16 |
| 3/4 | 8,630 | 2.300 | 2.700 | 4.700 | 19 |
| 7/8 | 11,910 | 3.100 | 3.700 | 6.500 | 22 |
| 1 | 15,930 | 4.200 | 4.800 | 8.200 | 25 |
| 1 1/8 | 18,610 | 4.400 | 5.400 | 9.700 | 29 |
| 1 1/4 | 23,820 | 5.500 | 6.600 | 11.900 | 32 |
| 1 3/8 | 27,240 | 6.600 | 8.000 | 14.500 | 35 |

**NOTAS** (1) A bitola é o diâmetro de um lado de um elo.
(2) Para a carga de segurança foi adotado um fator de segurança igual a 6. Para obter a carga de ruptura, multiplicar por 6 os valores da tabela.

Tab 13-5. Especificações das correntes

## ARTIGO II

## TALHAS E TIRFOR

### 13-5. IDENTIFICAÇÃO E UTILZAÇÃO DAS TALHAS DE CORRENTE

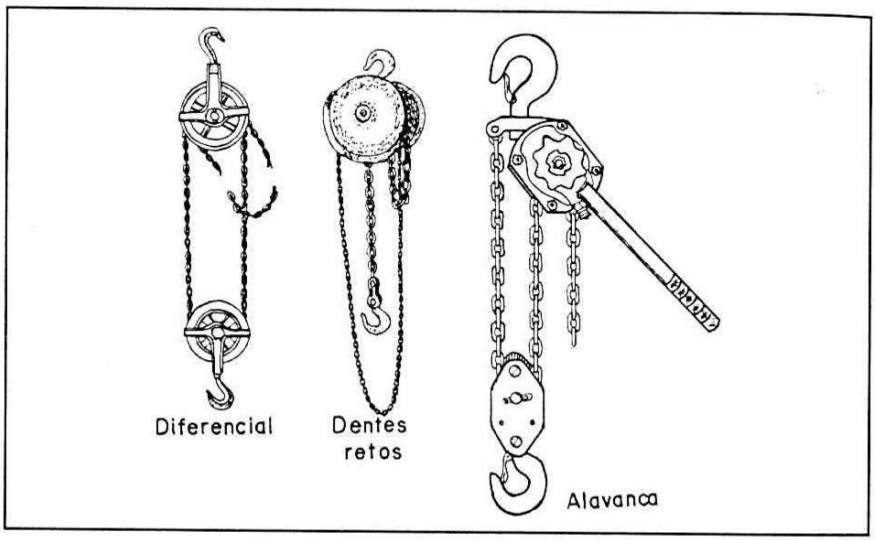



Fig 13-1. Identificação das Talhas

| TALHAS DE CORRENTE (Op VERTICAL) | | | |
|---|---|---|---|
| **TIPO** | **UTILIZAÇÃO** | **RENDIMENTO** | **CAPACIDADE** |
| Talha Diferencial | Cargas leves e quando usadas ocasionalmente | 35% | Marcada no Cadernal Superior |
| Talha de engrenagem de dentes retos | Quando se dispõe de poucos homens e uso com frequência | 85% | |
| Talha de engrenagem helicoidal | Quando usada com pouca frequência | 50% | |

Tab 13-6. Talhas de corrente

## 13-6. TALHAS SIMPLES

O rendimento mecânico das talhas simples é representado pelo número de linhas que sustentam a carga.

## 13-7. TALHAS COMPOSTAS

**a.** O rendimento mecânico das talhas compostas é igual ao produto dos rendimentos de cada sistema simples que o compõe.

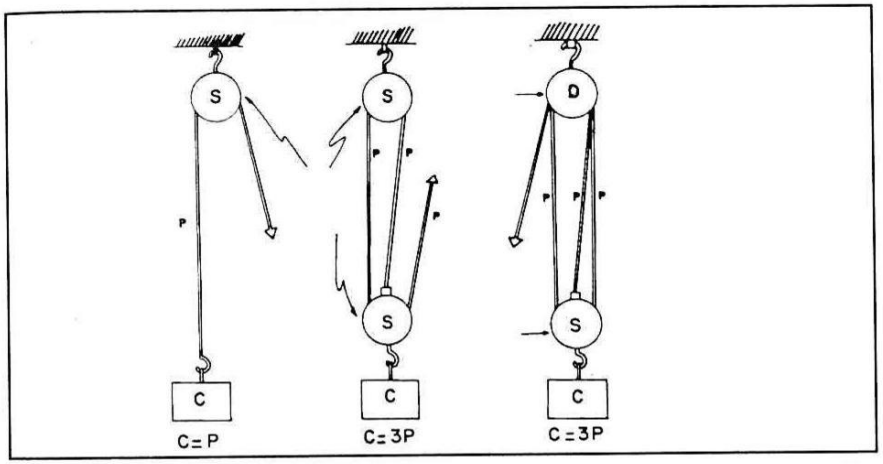



Fig 13-2. Tipos de talhas simples e seus rendimentos

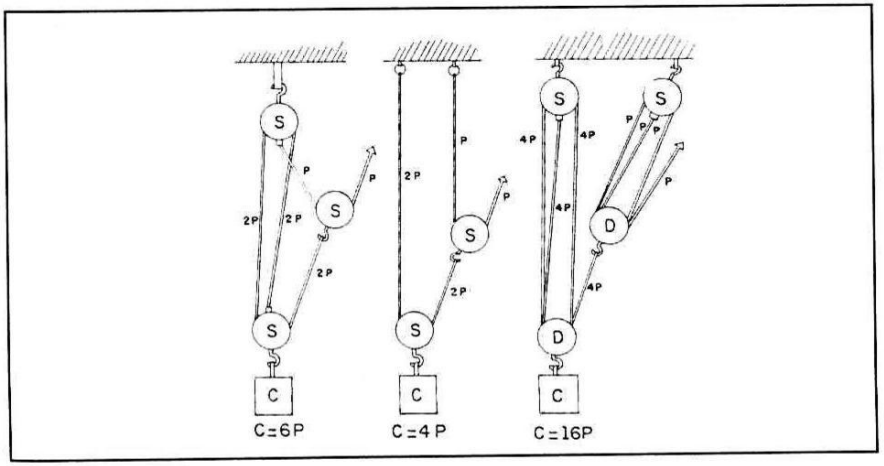



Fig 13-3. Tipos de talhas compostas e seus rendimentos

**b. Emprego da talha**

(1) Tração vertical = 45 Kg

(2) Tração horizontal = 27 Kg

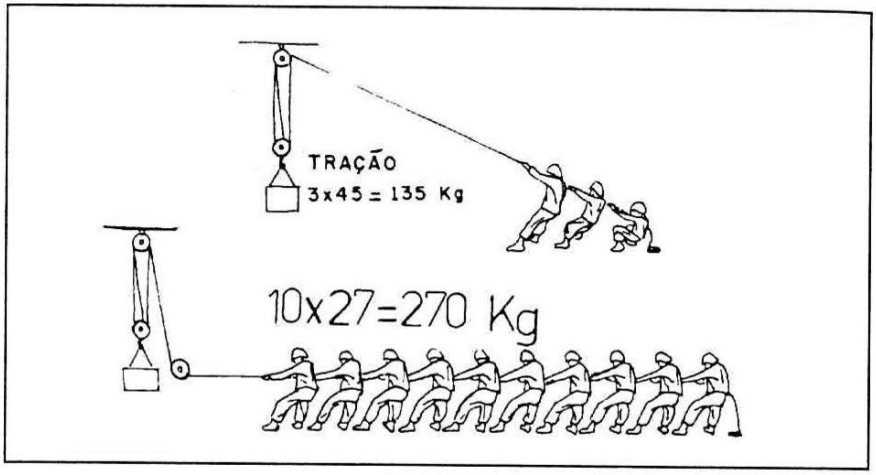



Fig 13-4. Rendimento humano nos conjuntos de talha

**c. Cadernais**

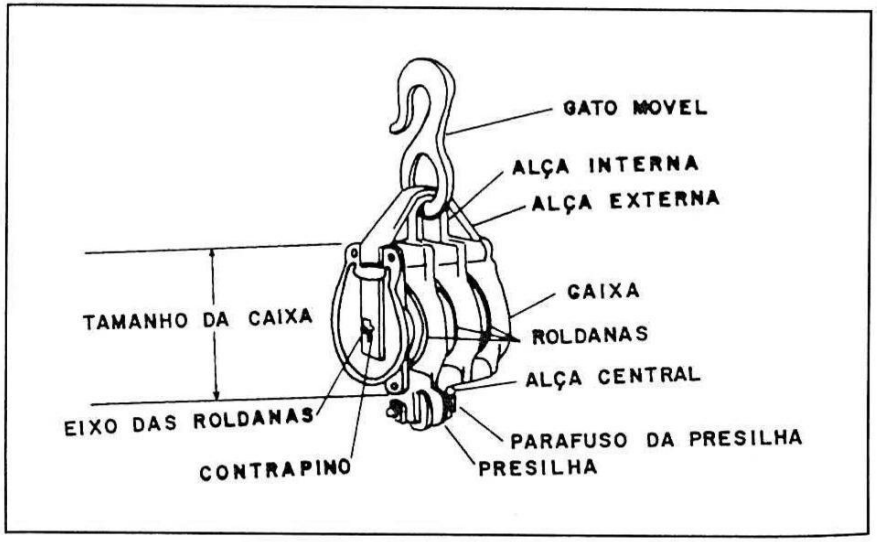



Fig 13-5. Partes componentes de um cadernal

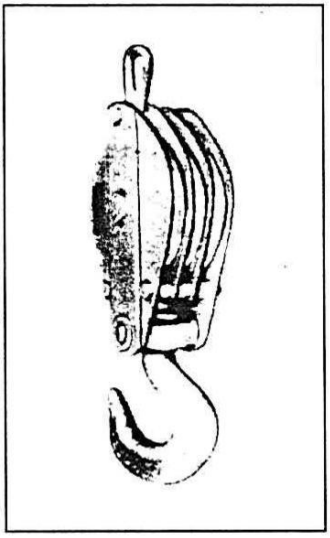
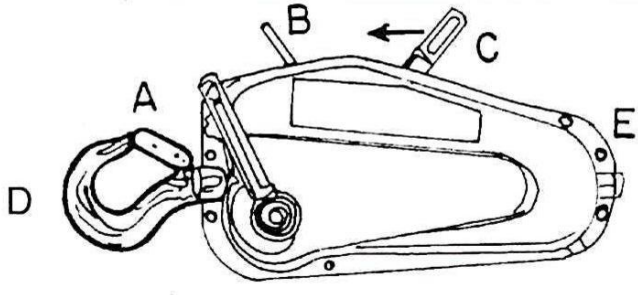


Fig 13-6. Tipos de cadernais

## 13-8. IDENTIFICAÇÃO E UTILIZAÇÃO DA TALHA-GUINCHO TIRFOR

### a. Identificação do Tirfor




Legenda:
A - Alavanca de avanço
B - Alavanca de ré
C - Alavanca de embreagem
D - Gancho
E - Orifício de entrada do cabo

Fig 13-7. Identificação do Tirfor

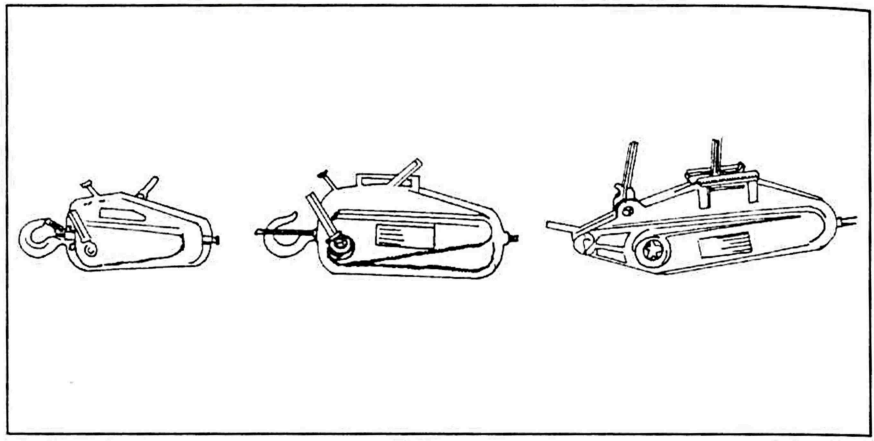


Fig 13-8. Modelos de Tirfor

| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | | | |
|---|---|---|---|
| | **TS** | **T. 86** | **T-7** |
| Força direta (Kg) (*) | 1.500 | 3.000 | 750 |
| Peso com alavanca telescópica (Kg) | 21,5 | 30 | 7 |
| Medidas externas (cm) | 63 x 36 x 15 | 72 x 33 x 15 | 51,5 x 26,5 x 11 |
| Velocidade de acionamento por minuto (m) | 3 | 1 a 3 | 3 |
| Diâmetro do cabo (mm) | 12 | 16 | 8 |
| Carga de ruptura do cabo (Kg) | 8.000 | 18.000 | 4.300 |
| Comprimento padrão do cabo | 20 | 10 | 15 |
| (*) Maiores capacidades com a interposição de moitões no cabo de tração | | | |

Tab 13-7. Características dos tipos de tirfor

**b. Emprego do tirfor**

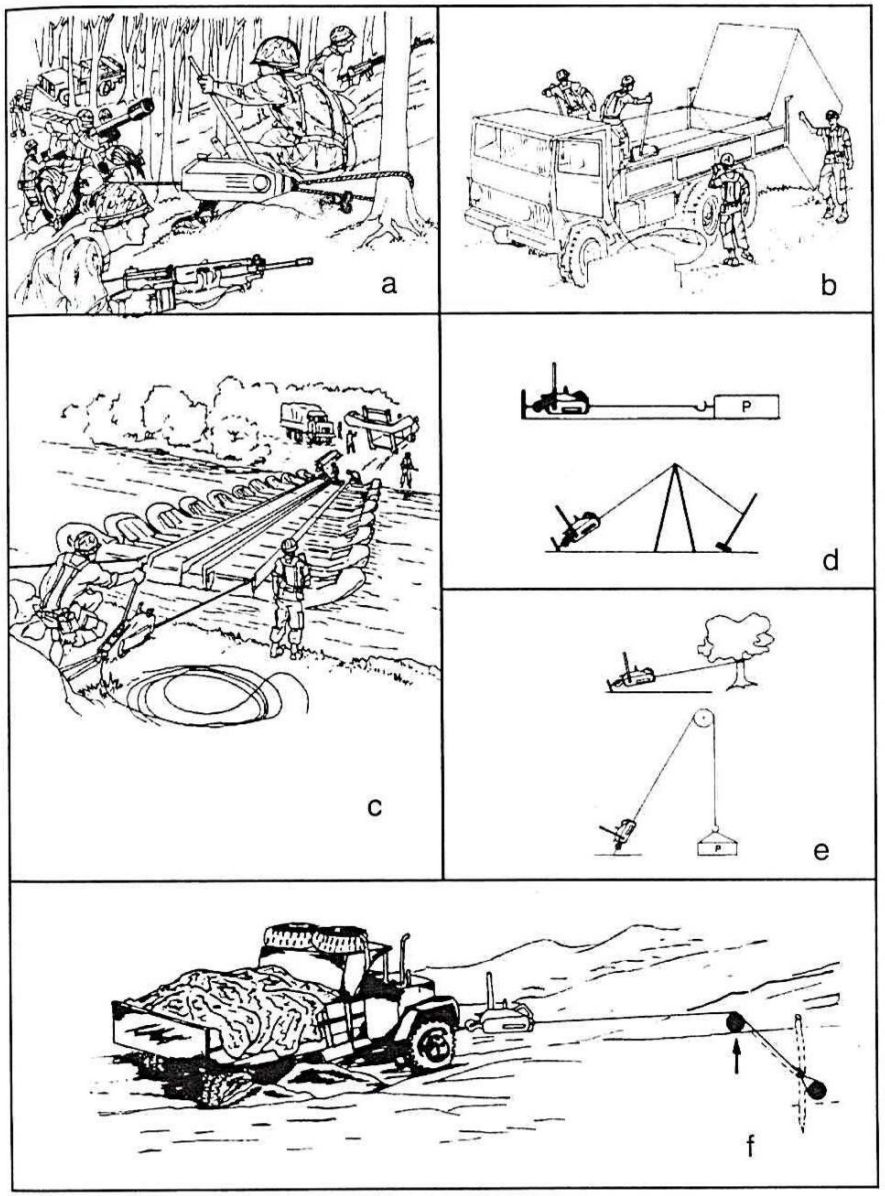



Fig 13-9. Emprego do Tirfor

| Nr | INSTRUÇÕES PARA UTILIZAÇÃO DO TIRFOR |
|---|---|
| 1 | Coloque as alavancas A e B na posição indicada na figura. |
| 2 | Empurre a alavanca C até que a mesma se encaixe no ressalto da borda interna. |
| 3 | Introduzir o cabo através do orifício E até que apareça no gancho. |
| 4 | Solte a alavanca C a fim de prender o cabo. |
| 5 | Ancore o tirfor através do gancho D |
| 6 | A alavanca A serve para tracionar (avanço) e a alavanca B para retroceder (ré). |
| **Observações** - A embreagem é utilizada apenas para colocar ou retirar o cabo, desde que o mesmo esteja frouxo. (Não mexer na embreagem com o cabo esticado). | |

Tab 13-8. Emprego do tirfor

## ARTIGO III

## PONTOS DE AMARRAÇÃO E ANCORAGEM

13-9. ANCORAGEM NATURAL

A figura abaixo apresenta alguns dos tipos mais empregados.

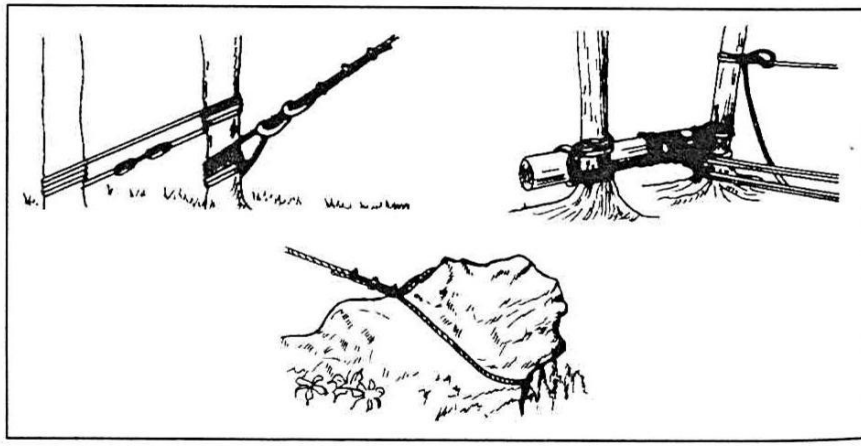


Fig 13-10. Tipos de ancoragem natural

13-10. ANCORAGEM DE ESTACAS

**a.** A figura abaixo apresenta alguns exemplos de ancoragem de estacas.

**OBSERVAÇÃO** - As estacas devem ser espaçadas de 0,90 a 1,80 metros

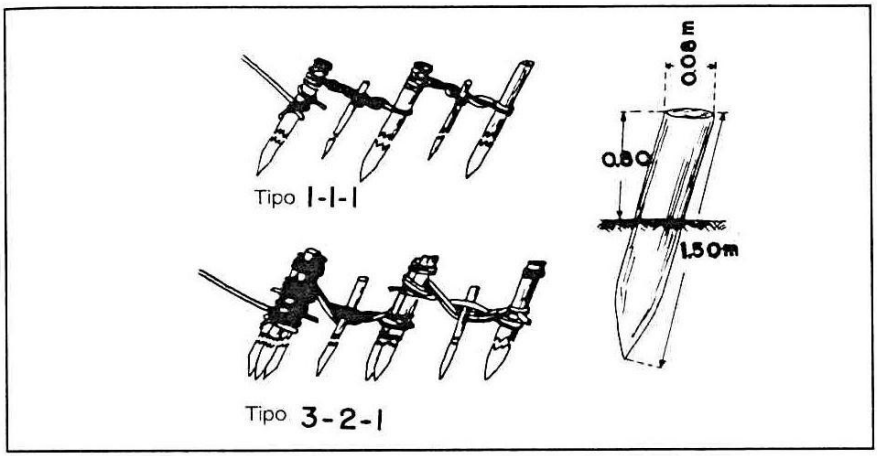



Fig 13-11. Tipos de ancoragem de estacas

**b.** Estacas da madeira de boa qualidade, com 8 cm de diâmetro, enterradas a 0,90 m, pelo menos, devem resistir às seguintes cargas:

| TIPO | RESISTÊNCIA (Kg) |
|---|---|
| Estaca isolada | 300 |
| Ancoragem tipo 1-1 | 600 |
| Ancoragem tipo 1-1-1 | 800 |
| Ancoragem tipo 2-1 | 900 |
| Ancoragem tipo 3-2-1 | 1.800 |

Tab 13-9. Resistência das estacas de ancoragem

**c.** Em terrenos úmidos, a resistência de ancoragem deve ser multiplicada pelos seguintes fatores:

| TERRENO | FATOR |
|---|---|
| Argila e cascalho | 0,9 |
| Argila ou areia de rio | 0,5 |

Tab 13-10. Fator de resistência de ancoragem dos diferentes solos

## 13-11. ANCORAGEM EM ROCHA

A figura abaixo apresenta os detalhes de construção.

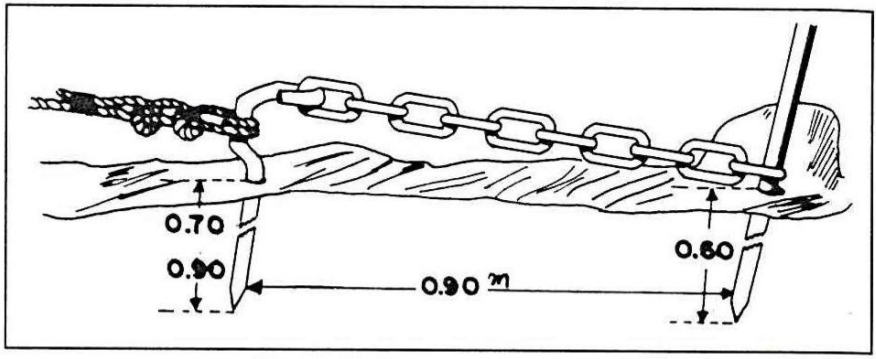



Fig 13-12. Ancoragem em rocha

## 13-12. COMBINAÇÃO DE ANCORAGEM

Podem ser utilizadas combinações de ancoragem, como mostram as figuras 13-13 e 13-14.

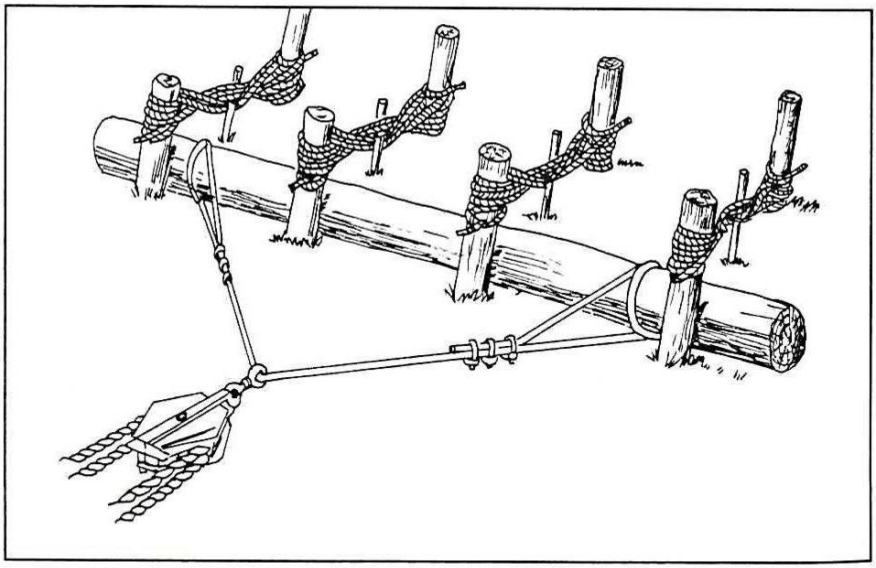


Fig 13-13. Ponto de amarração de estaca e toro combinados

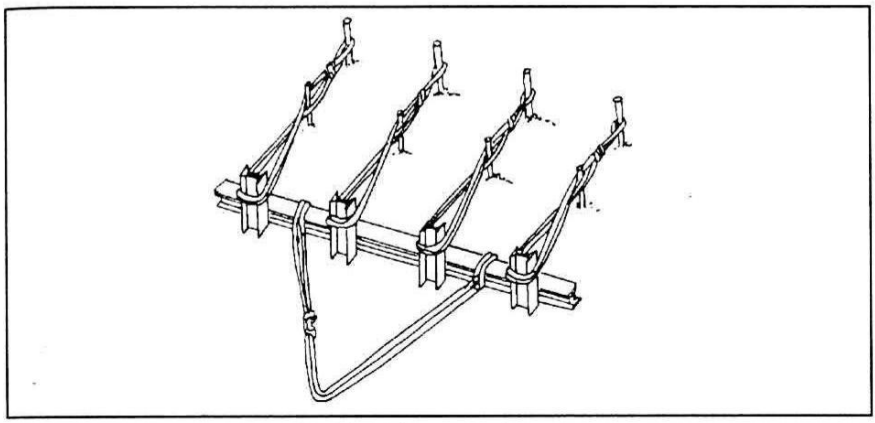


Fig 13-14. Estacas e vigas de aço

## 13-13. POÇO DE ANCORAGEM DE TORO DE MADEIRA

| PROFUNDIDADE MÉDIA DE ANCORAGEM, EM METROS | INCLINAÇÃO DE TRAÇÃO (VERTICAL P/ HORIZONTAL) E RESISTÊNCIA MÁXIMA DA ÁREA PROJETADA DO POÇO DE ANCORAGEM, EM Kg/m² | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | VERTICAL | 1/1 | 1/2 | 1/3 | 1/4 |
| 0,90 | 2.900 | 4.600 | 6.300 | 7.000 | 7.300 |
| 1,20 | 5.100 | 8.500 | 10.700 | 12.600 | 13.000 |
| 1,50 | 8.200 | 13.600 | 17.500 | 19.400 | 19.900 |
| 1,80 | 11.600 | 18.400 | 24.800 | 28.200 | 29.000 |
| 2,10 | 15.500 | 24.800 | 34.000 | 38.800 | 40.800 |

Tab 13-11. Poder de retenção dos poços de ancoragem comuns

NOTA - Fórmulas para o dimensionamento das vigas de madeira:

$$T = \frac{187{,}6\ bh^2}{L}$$ (viga de seção retangular)

$$T = \frac{112{,}6\ d^3}{L}$$ (viga de seção circular)

Onde:
T = tensão máxima admissível no cabo, em Kg
b = largura da face de contato da viga, em cm
h = profundidade da viga, na direção da tração, em cm
d = diâmetro da viga, em cm
L = comprimento da viga, em cm.

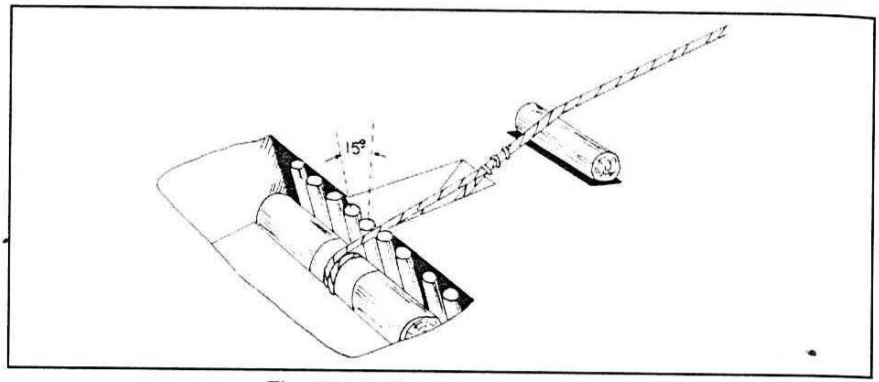



Fig 13-15. Poço de ancoragem

## 13-14. CÁLCULO DA TENSÃO NOS ESTAIS

A tensão no estai é dada pela fórmula:

$$T = \frac{Pd}{y}$$

onde:

T = tensão, em Kg
P = peso de carga + 1/2 do peso da longarina, em Kg
d e y = medidas em metros.

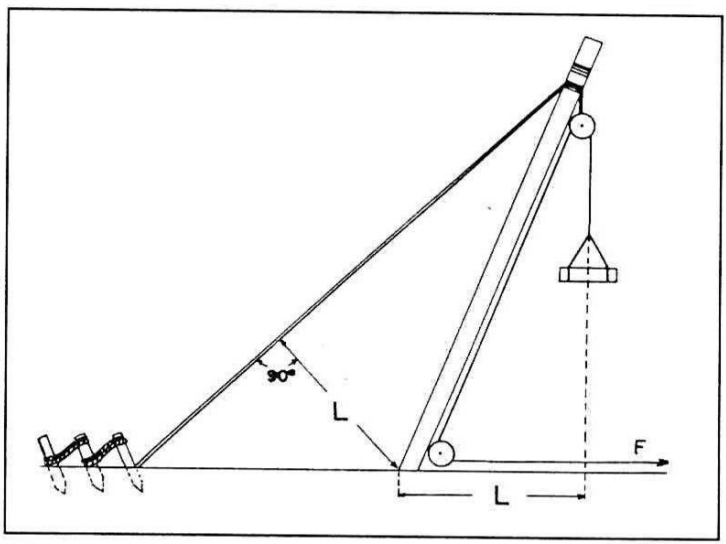



Fig 13-16. CáLculo da tensão no estai

## ARTIGO IV

## APARELHOS E MANOBRAS DE FORÇA

### 13-15. SARILHO IMPROVISADO

O rendimento do sarilho será tanto maior quanto maior for a alavanca (R), mantendo-se o diâmetro do cano constante.

A força (F) necessária para içar uma carga (P) é dada pela fórmula:

$$F = \frac{Pr}{R}$$

, onde

F = força necessária, em Kg
r = raio do cano, em metros
R = comprimento da alavanca, em metros

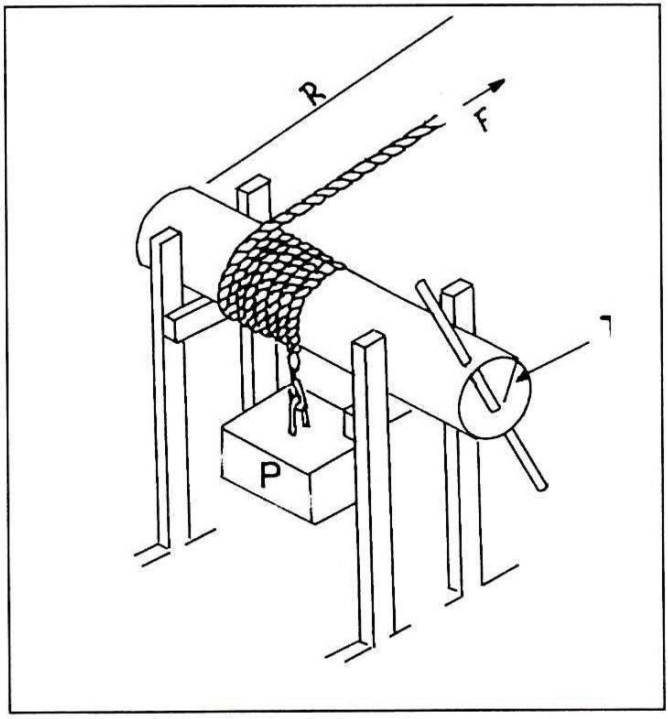



Fig 13-17. Sarilho improvisado

## 13-16. PLATAFORMA DE ARRASTO E ROLOS

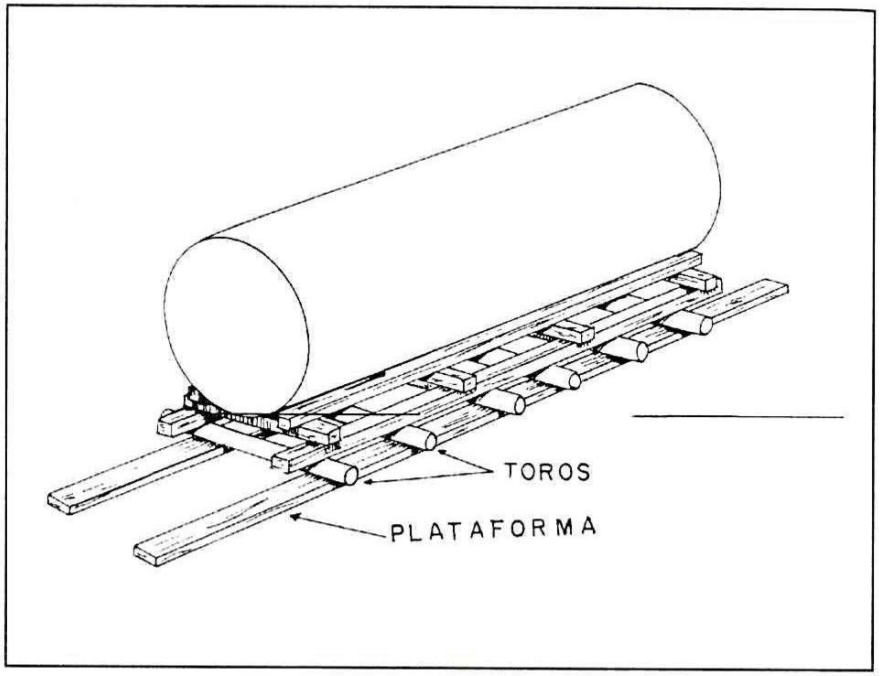



Fig 13-18. Plataforma de arrasto e rolos

## 13-17. CABRESTANTE ESPANHOL

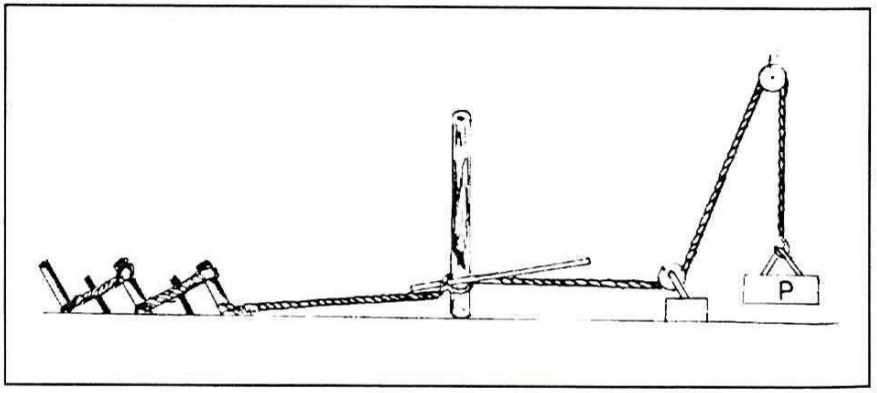



Fig 13-19. Cabrestante espanhol

13-18. PAU-DE-CARGA

| SEÇÃO DA LONGARINA | | CARGA DE SEGURANÇA PARA UM DADO COMPRIMENTO DA VIGA, EM Kg | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CENTÍMETROS | POLEGADAS | 6 m | 7,5 m | 9 m | 12 m | 15 m | 18 m |
| 15 (diâmetro) | 6 (diâmetro) | 2.000 | 1.300 | 900 | - | - | - |
| 20 (diâmetro) | 8 (diâmetro) | - | 4.900 | 3.600 | 2.200 | 1.300 | - |
| 25 (diâmetro) | 10 (diâmetro) | 14.000 | 10.800 | 7.200 | 4.000 | 2.700 | - |
| 30 (diâmetro) | 12 (diâmetro) | - | - | 14.000 | 8.500 | 5.400 | 4.000 |
| 15 x 15 | 6 x 6 | 2.700 | 1.800 | 1.300 | - | - | - |
| 20 x 20 | 8 x 8 | - | 6.300 | 4.500 | 2.700 | 1.800 | - |
| 25 x 25 | 10 x 10 | 18.000 | 13.400 | 9.000 | 5.400 | 3.600 | - |
| 30 x 30 | 12 x 12 | - | - | 18.000 | 10.700 | 7.200 | 5.400 |

Tab 13-12. Carga de segurança das vigas de pinho, quando usadas em paus-de-carga, em operações normais

**OBSERVAÇÕES**

(1) O comprimento da longarina deve ser, no máximo, igual a 60 vezes o seu menor diâmetro.

(2) Os estais devem ter 3 a 4 vezes o comprimento do pau-de-carga.

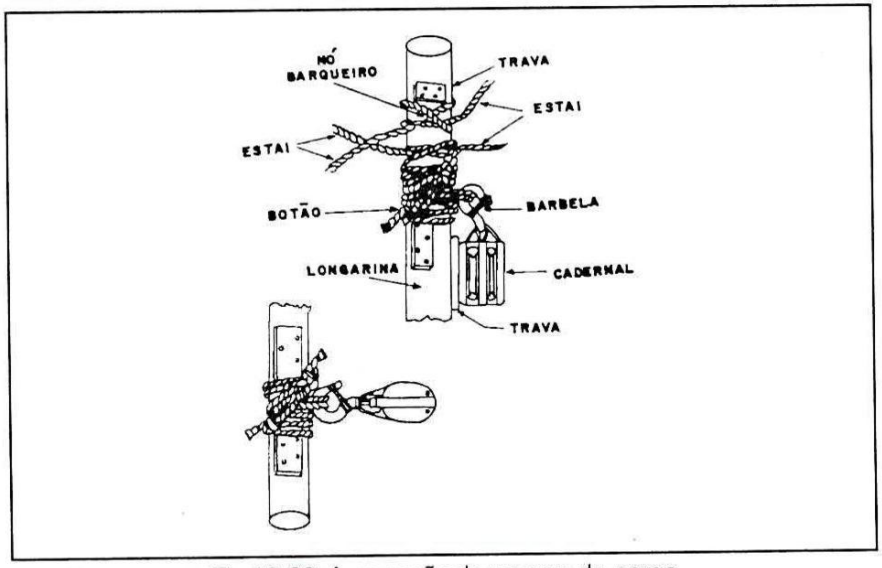



Fig 13-20. Amarração de um pau-de-carga

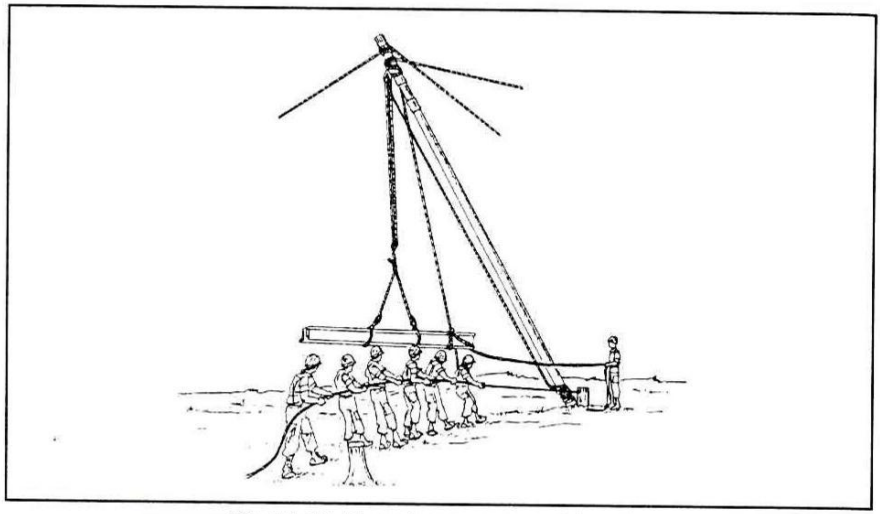


Fig 13-21. Pau-de-carga em utilização

13-19. CÁBREA

O comprimento máximo permitido para as pernas de uma cábrea é de 40 vezes o seu diâmetro. As pernas devem ficar afastadas uma da outra em metade da altura da cábrea. A inclinação máxima de trabalho da cábrea é de 45º com a vertical. A carga de segurança de cada perna de uma cábrea é igual a 7/8 do valor considerado para a longarina de um pau-de-carga, de mesma especificações.

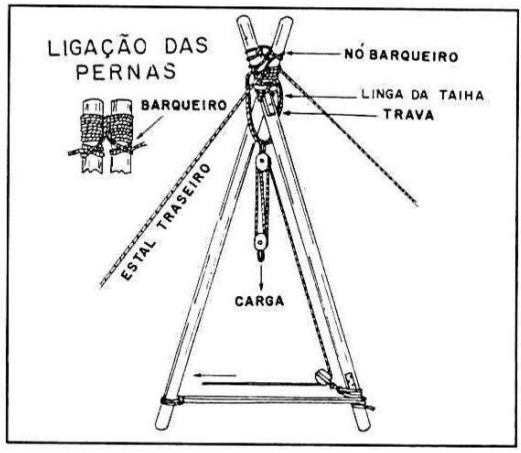



Fig 13-22. Cábrea e detalhes de amarrações

13-20. TRÍPODE

A capacidade do trípode é aproximadamente igual a uma vez e meia de uma cábrea, feita com o mesmo material e bitola. O espaçamento entre as pernas não deve ser menor do que a metade nem maior do que 2/3 do comprimento das mesmas.

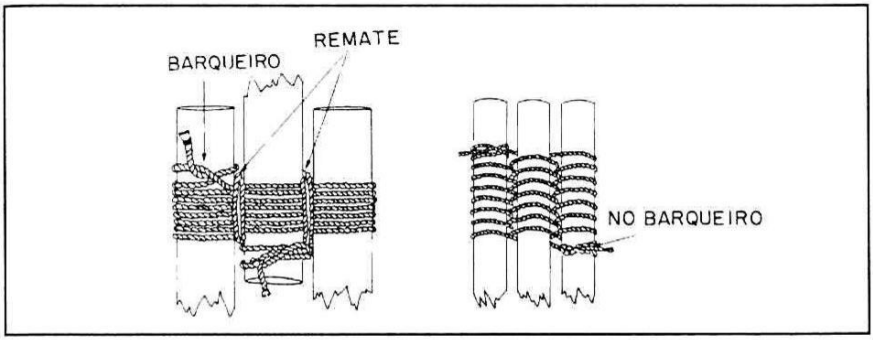



Fig 13-23. Ligação das pernas de um trípode

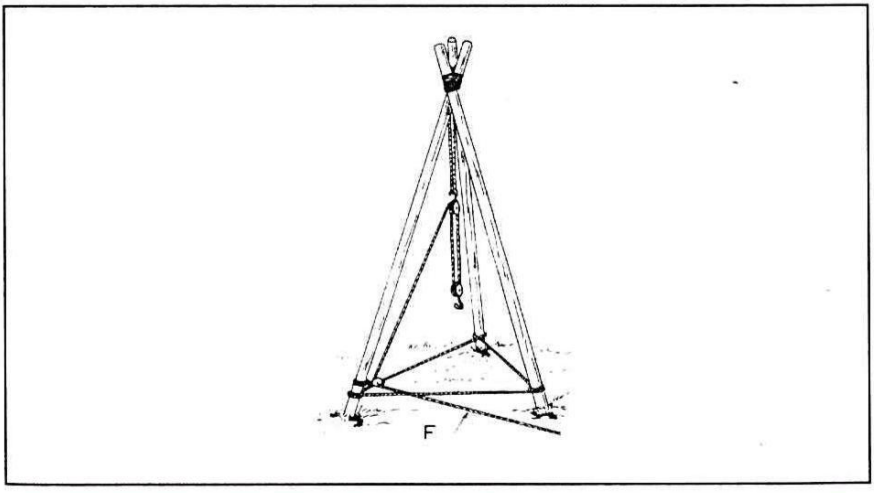



Fig 13-24. Trípode

13-21. GUINDASTE IMPROVISADO

Um guindaste pode ser improvisado com o emprego de um pau-de-carga ao qual se adapta uma lança. Deve-se usar esta combinação quando se tem de içar cargas muito afastadas da base de um pau-de-carga, a fim de evitar uma inclinação superior a 45º.

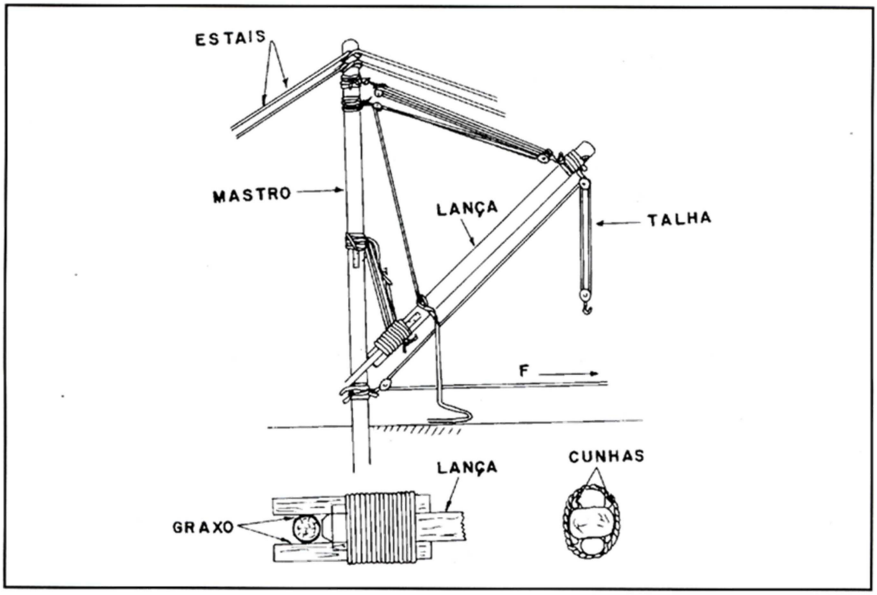



Fig 13-25. Guindaste improvisado

## 13-22. TÉCNICAS DE DESATOLAMENTO DE VIATURAS

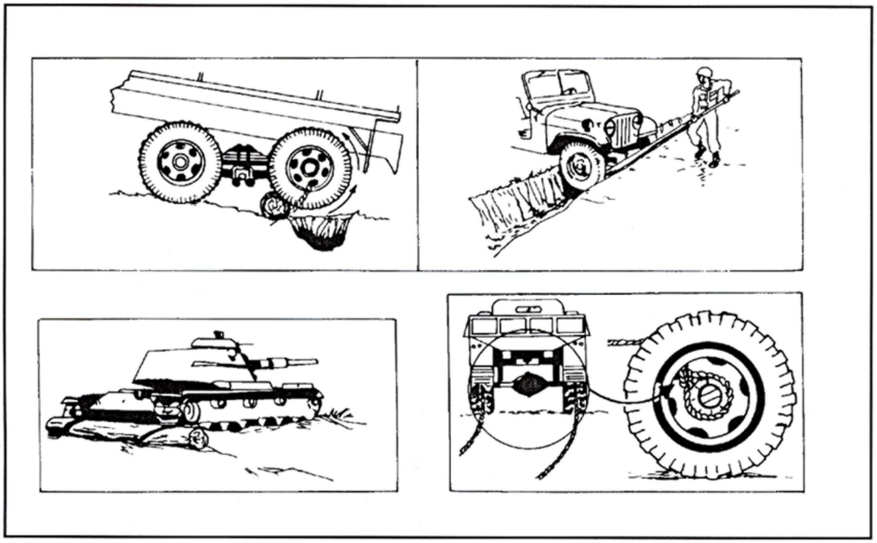


Fig 13-26. Desatolamento de viaturas

## ARTIGO V

## FIXAÇÃO DE CABOS METÁLICOS E CORRENTES

### 13-23. GRAMPOS

Usam-se grampos para formar alças num cabo metálico. O número de grampos a colocar é igual a três vezes o diâmetro do cabo, em polegadas, mais um: $N = 3D + 1$

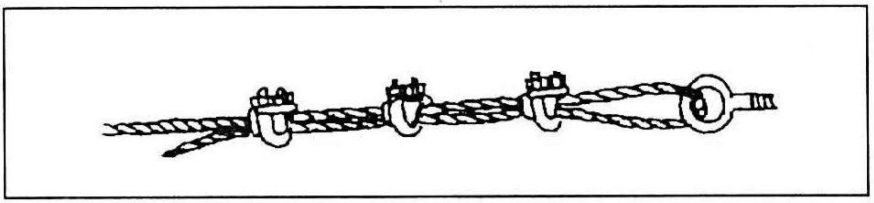


Fig 13-27. Grampos para cabo de aço

### 13-24. PRENDEDORES

Usam-se prendedores para formar alças num cabo metálico.

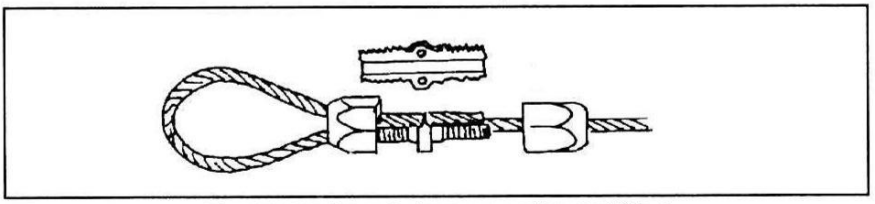


Fig 13-28. Prendedor para cabo metálico

### 13-25. GANCHOS

As correntes, os cabos de fibra e os metálicos, quando usados para içamento de cargas, podem ser ligados diretamente a elas. O uso de ganchos aumenta a rapidez e dá mais comodidade ao trabalho. Como os sinais de sobrecarga são facilmente notados nos ganchos, costuma-se usar um gancho mais fraco do que a corrente a que ele é ligado. Calcula-se a "capacidade de trabalho em segurança" (CTS) de um gancho, em toneladas, elevando-se ao quadrado o diâmetro do gancho, em polegadas, tomando o ponto em que começa o arco da curva interna do mesmo.

$$CTS = D^2$$

Exemplo:

D = 1 1/2 polegadas.

CTS = $(1\ 1/2)^2 = (3/2)^2 = 9/4 = 2{,}25$ t

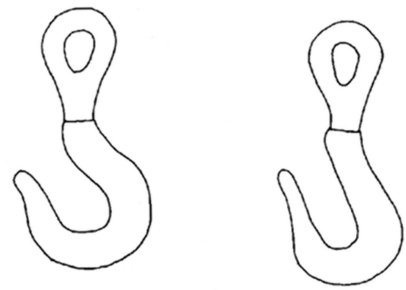



Fig 13-29. Tipos de gancho

Fig 13-30. Barbela em gancho

## 13-26. LINGAS

Calcula-se a tensão em cada perna de uma linga, através da seguinte fórmula:

$$T = \frac{P}{N} \times \frac{D}{L}$$

, onde

T = Tensão, em Kg
P = Peso de carga a ser içada, em Kg
D = Distância vertical da carga ao gancho, em metros
N = Número de pernas da linga
L = Comprimento da perna, em metros.

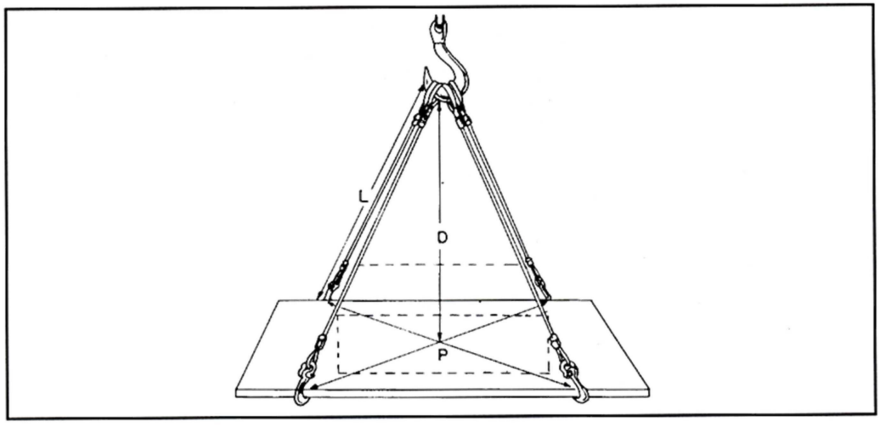



Fig 13-31. Cálculo da tensão de uma perna de linga

## 13-27. FALCAÇAMENTO DE CABOS

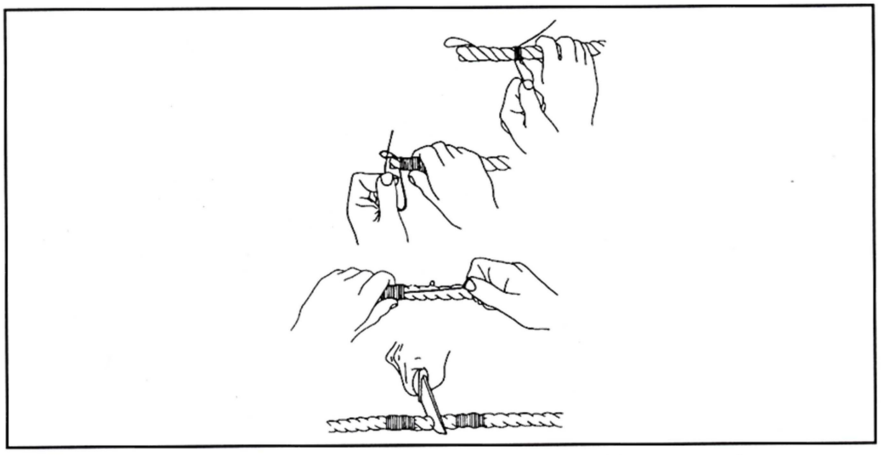


Fig 13-32. Falcaçamento de um cabo de fibra vegetal

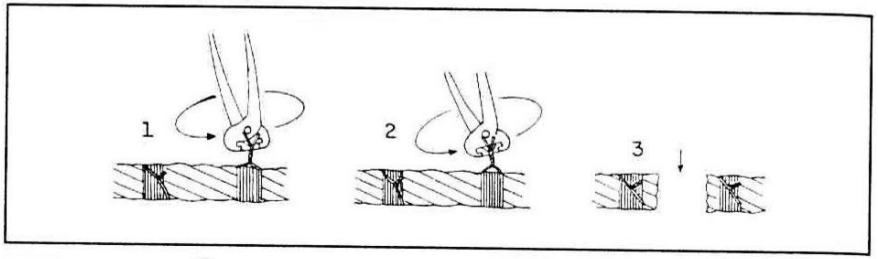



Fig 13-33. Falcaçamentode um cabo de aço

## 13-28. CUIDADOS E MANUTENÇÃO DE CABOS

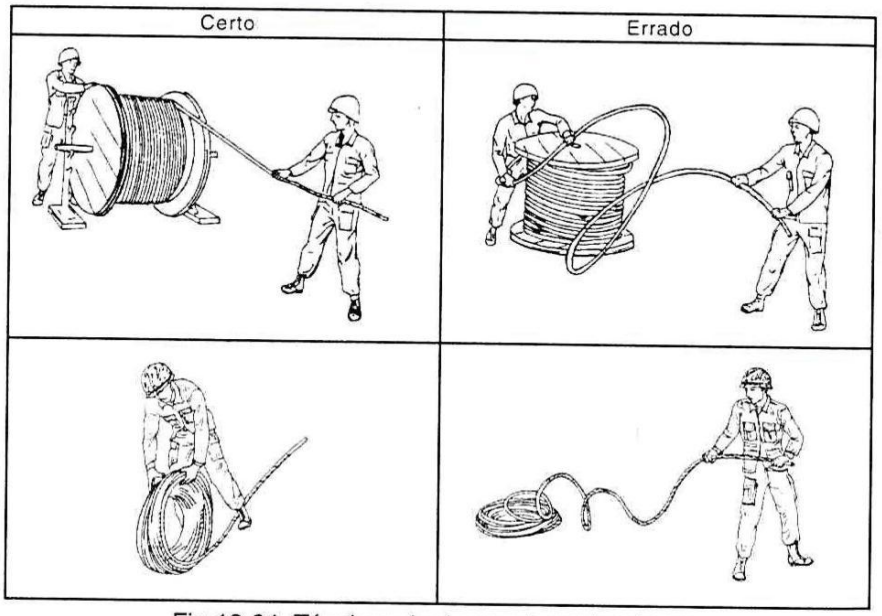



Fig 13-34. Técnicas de desenrolar cabo de aço

# CAPÍTULO 14

# NAVEGAÇÃO E MERGULHO

## ARTIGO I

## NAVEGAÇÃO

14-1. REGRAS DE SEGURANÇA

**a.** Se a embarcação virar, permaneça junto desta, aguardando socorro;

**b.** Evite ficar de pé, sentar-se na proa ou nas bordas da embarcação;

**c.** Mantenha em local próximo uma embarcação de salvamento;

**d.** Embarque e desembarque em ordem, sem correrias;

**e.** Distribuir o peso na embarcação;

**f.** Não fumar durante a navegação;

**g.** Evitar corpos flutuantes;

**h.** Afastar das quedas de água ou corredeiras;

**i.** Usar salva-vidas;

**j.** Evitar pânico em caso de acidentes.

14-2. NAVEGAÇÃO À REMO

| Vozes de Comando | Arbordagem | Terminologia |
|---|---|---|
| (1) A seus postos;<br>(2) Remos ao alto;<br>(3) Ao largo;<br>(4) Avante remar;<br>(5) Ciar;<br>(6) Picar a voga;<br>(7) Retardar a voga;<br>(8) Remos na água;<br>(9) Arvorar remos. | (1) Preparar para abordar;<br>(2) Arvorar remos;<br>(3) Abordar;<br>(4) Levar remos;<br>(5) Desembarcar. | (1) BOMBORDO: Lado esquerdo;<br>(2) BORESTE: Lado direito;<br>(3) MONTANTE: Rio acima;<br>(4) JUSANTE: Rio abaixo;<br>(5) PROA: Frente;<br>(6) POPA: Atrás;<br>(7) SOLECAR: Afrouxar;<br>(8) TESAR: Puxar;<br>(9) SIRGAR: Puxar a embarcação ao longo da margem;<br>(10) SOTA-VOGA: 1° remador de bombordo;<br>(11) VOGA: 1° remador de boreste (responsável pela cadência). |

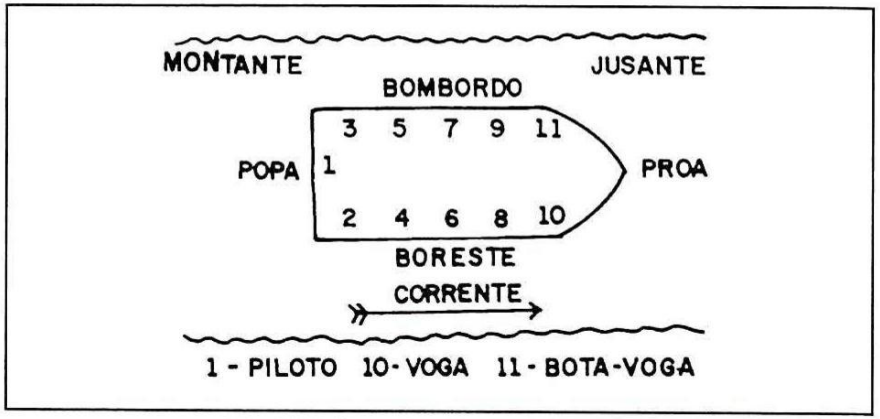


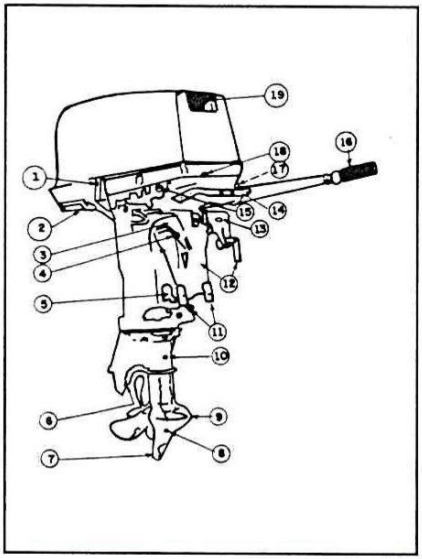

Fig 14-1. Organização da GU no bote

## 14-3. NAVEGAÇÃO A MOTOR

### a. Motores de Popa

(1) Vista de estibordo / boreste

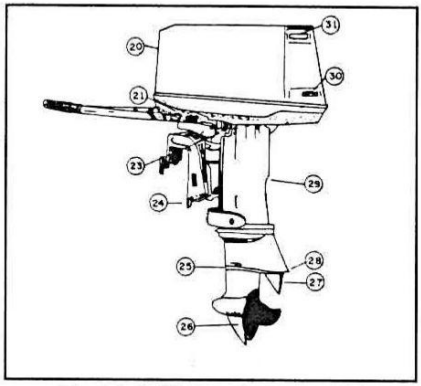
IDENTIFICAÇÃO DE COMPONENTES EXTERNOS



1 - Alavanca de câmbios
2 - Indicador da bomba d'água
3 - Porca de fricção de inclinação
4 - Trava de inclinação
5 - Vareta de ajustagem do ângulo e retentor
6 - Entrada de água
7 - Leme
8 - Bujão de drenagem e abastecimento de óleo
9 - Caixa de engrenagens
10 - Bujão do Nível de Óleo
11 - Suportes de popa
12 - Parafusos do suporte de popa
13 - Alavanca de trava de ré
14 - Alça de transporte
15 - Conector de iluminação C.A.
16 - Braço de direção e acelerador por Punho de Torção
17 - Botão do parada
18 - Botão do afogador
19 - Punho do arranque

Fig 14-2. Motor de popa LD

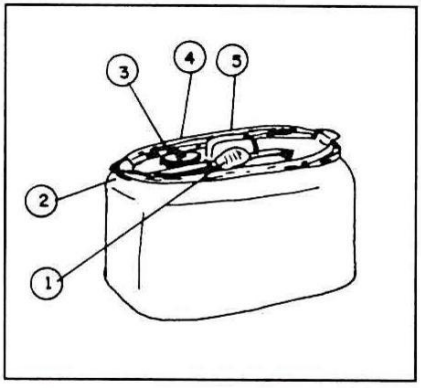
(2) Vista de bombordo:




20 - Tampa do motor
21 - Conector de combustível
22 - Carcaça do escape
23 - Parafuso de regulagem da marcha lenta
24 - Retentor da vareta de ajustagem do ângulo
25 - Anodo anti-corrosivo
26 - Hélice
27 - Saída do escape e descarga de água
28 - Placa anti-cavitação
29 - Alívio do escape
30 - Alavanca de trava da tampa
31 - Alça de inclinação
32 - Seção intermediária

Fig 14-3. Motor de popa LE

(3) Tanque de combustível




1 - Bulbo afogador
2 - Linha de combustível
3 - Tampa de abastecimento
4 - Parafuso de ventilação
5 - Alça de transporte

Fig 14-4. Tanque de cobustível

**b. Operação e Manutenção**

(1) Operação

(a) Partida

- Verificar combustível (0,5 l óleo 2T/SAE 30 por tanque de 23 l);
- Encaixar mangueira de alimentação;
- Pressionar bulbo até sentir resistência;
- Posicionar a alavanca de mudança em neutro;

- Posicionar o acelerador em arranque (START);
- Tecla de boqueio na posição travada;
- Puxar o afogador;
- Agir no punho de partida;
- Verificar funcionamento da bomba d'água;
- Fechar afogador;
- Antes de mudar marcha, desacelerar para a posição lento;
- Engrenar marcha.

(b) Deslocamento

- Deslocamento à frente, tecla de bloqueio em destravada;
- Deslocamento à ré, tecla de bloqueio na posição travada;
- Deslocamento em baixa velocidade, regulador em lento;
- Deslocamento em alta velocidade, regulador em acelerado.

(c) Parada

- Desacelerar ao máximo;
- Colocar em "NEUTRO";
- Pressionar o botão para desligar.

(d) Partida de Emergência

- Retirar a tampa do motor;
- Retirar o automático;
- Enrolar a corda de 6 mm em torno do volante do motor.
- Proceder à partida e outras providências

(2) Manutenção

(a) Kit de Ferramentas (Sugestão)

- 1 Vela
- Flanela
- 1 Chave de fenda de 4 a 6 mm
- Lanterna com baterias
- 1 Alicate de eixo corrediço
- 1 Chave de vela 13/16"
- 1 m corda de 6 mm
- Pino, contra-pino, Noz de hélice,
- 1 Chave 9/16" x 1/2"
- 1 Chave 7/16" x 3/8"
- Hélice

| EMBARCAÇÕES | CONDIÇÕES DE EMPREGO | | | | | | | PROPULSÃO (9)<br>- Velocidades médias expressas em Km/h<br>- Consumos médios expressos em Km/tanque (2) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Motor (1) | Filtro | Tanque (2) | Homens (3) | Kit Mnt (4) | Remos (5) | Peso Total (Kg) (6) | Motor de 40 HP | | | | | | Motor de 25 HP | | | | | | Remo | | |
| | | | | | | | | Velocidade | | | Consumo | | | Velocidade | | | Consumo | | | Velocidade | | |
| | | | | | | | | D | S | N | D | S | N | D | S | N | D | S | N | D | S | N |
| Voadeira grande | sim | 1 | 2 | 8 | sim | 9 | 714<br>696 | 26 | 21 | 24 | 48 | 31 | 41 | 19 | 16,5 | 17,6 | 51 | 35 | 44 | 8,6 | 6,7 | 7,5 |
| Voadeira Pequena | sim | 1 | 2 | 6 | sim | 7 | 580<br>557 | 31,6 | 21,5 | 25 | 46 | 38,5 | 41,8 | 17,5 | 13,4 | 15 | 76,6 | 51 | 54,4 | 6,5 | 4,5 | 5,5 |
| Zephyr 404 M | sim | 1 | 2 | 4 | sim | 5 | 446<br>423 | 13,5 | 11,0 | 12,0 | 28,0 | 19,5 | 24,0 | 13,0 | 8,0 | 10,4 | 41,5 | 17,2 | 35,7 | 4,5 | 3,5 | 4,0 |
| Bote Rec 3 homens | não | - | - | 3 | não | 3 | 201 | | | | | | | | | | | | | 5,7 | 4,0 | 5,0 |
| Bote M3 | sim | 1 | 2 | 14 | sim | 15 | 1120<br>1093 | 14,3 | 10 | 11,2 | 30,6 | 25,5 | 28,75 | | | | | | | 6,0 | 4,4 | 5,2 |
| "Teixeirão" c/ balsa | Motor de 90 Hp (MD) - Tripulação de 3 homens - Capacidade p/ 35 homens - Capacidade de balsa 30 Ton - Velocidade: 9 Km/h, N = 15 Km/h, N = 12 Km/h - Consumo médio de 200 l /dia - Dimensões da balsa 13,5 x 6,0 m - Holofote: bateria de 12v | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(1) 40 HP (63,0 Kg) - 25 HP (45,0 Kg)
(2) Cada tanque cheio: 23 litros - 20 Kg
(3) Cada homem a 100 Kg equipado
(4) Cola, remendos, tarrugos, chaves 3,0 Kg
(5) Cada remo de madeira 2 Kg

(6) Considerando: tanques + homens + Kit Mnt + remos + motor 40 HP - 25 HP
D = Descendo o rio
S = Subindo o rio,
N = Pouca correnteza ou nula

Tab 14-1. Características, velocidade e consumo das embarcações

## 14-4. COMANDO DE EMBARCAÇÕES E PORTADAS

### a. Sinais e gesticulação diurnas/noturnas

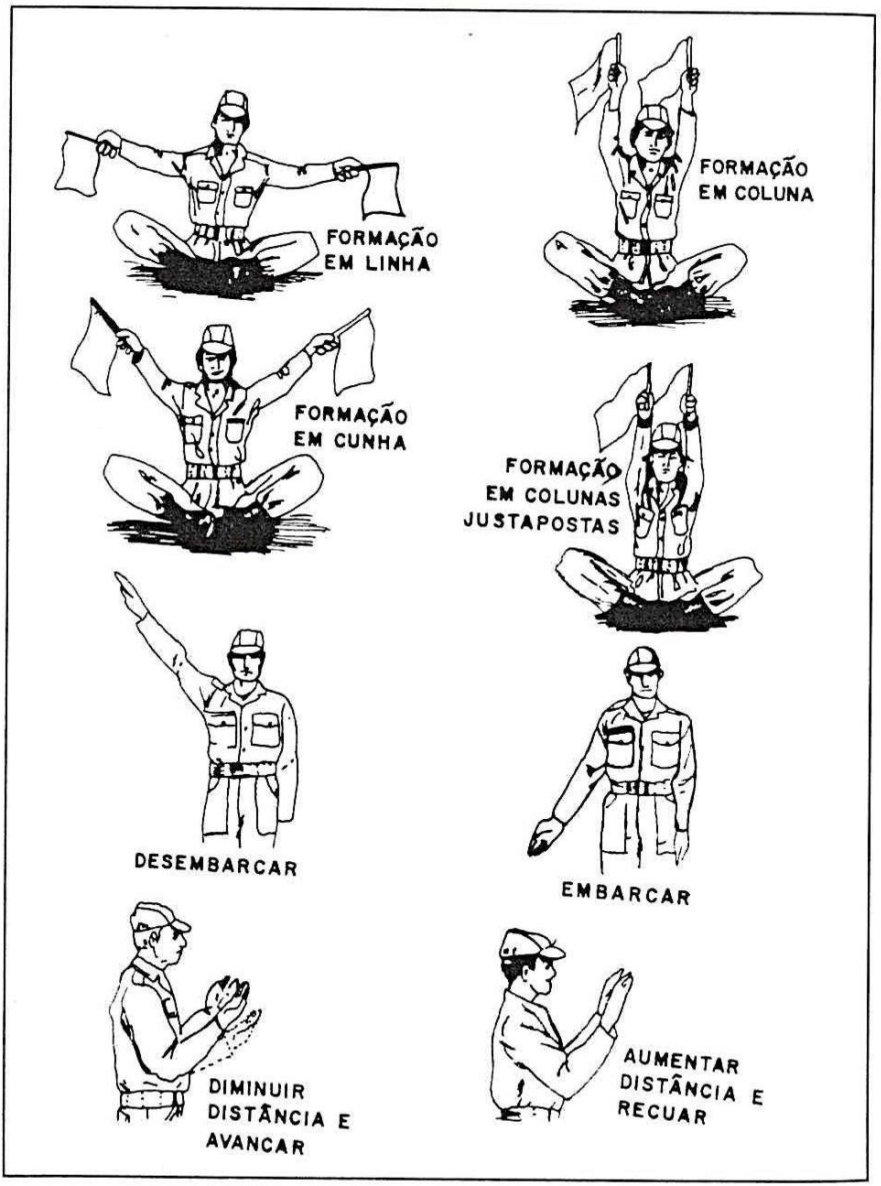



Fig 14-5. Sinais e gestos para embarcação

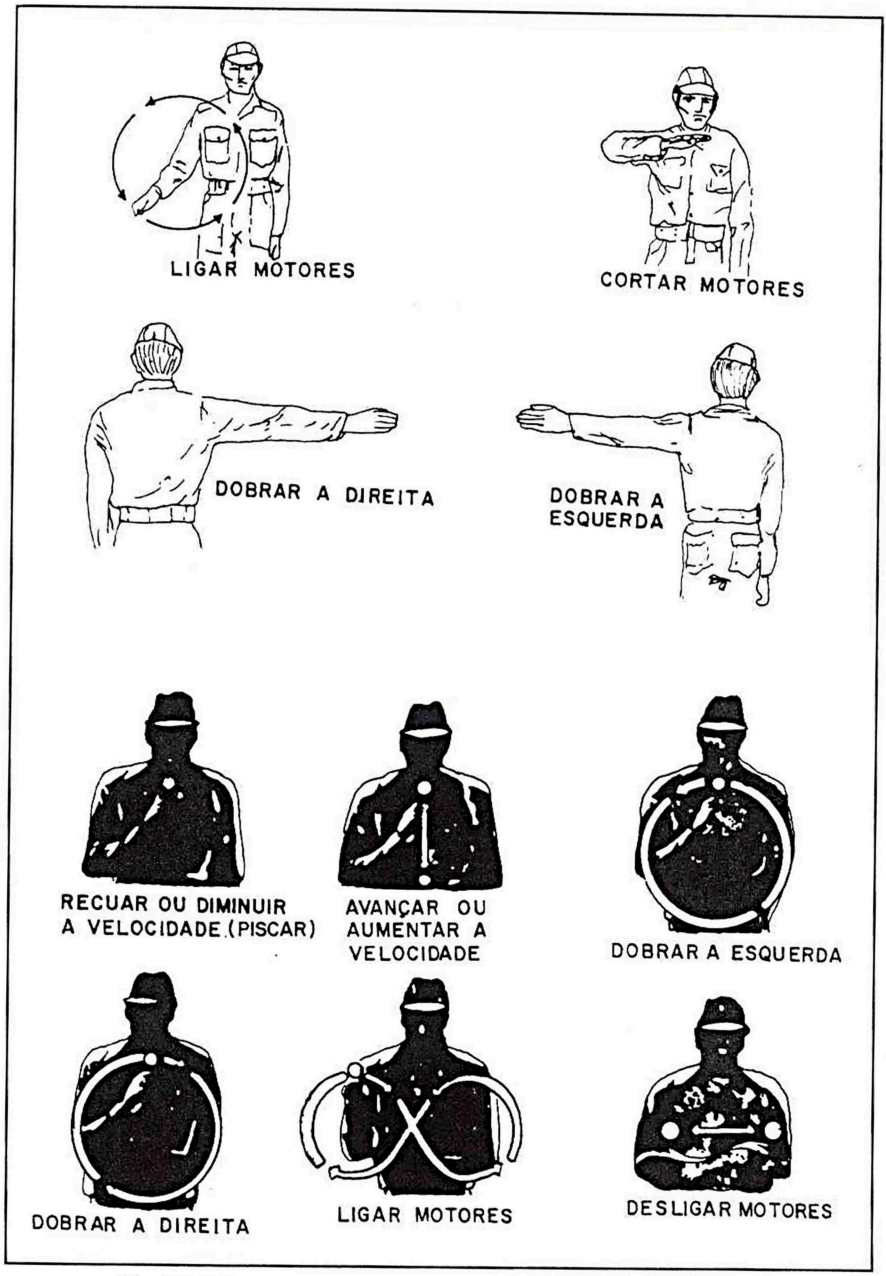



Fig 14-5. Sinais e gestos para embarcação (continuação)

## ARTIGO II

## MERGULHO

### 14-5. GENERALIDADES

**a.** A atividade de mergulho se faz necessária, principalmente nas atividades de transposição de cursos de água, no resgate de materiais submergidos e na instalação e neutralização de cargas explosivas em operações.

**b.** Somente militares com experiência comprovada devem executar tarefas subaquáticas, assim como na utilização do equipamento, seja este dependente ou equipamento autônomo.

### 14-6. TIPOS DE MERGULHO E EQUIPAMENTOS

| TIPOS DE MERGULHO | TIPOS DE EQUIPAMENTO |
|---|---|
| A ar | Autônomo |
| Com mistura | Dependente |

Tab 14-2. Tipos de mergulho e equipamentos

**a. Equipamento Autônomo**

(1) Verificação dos equipamentos:

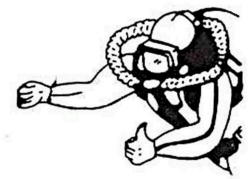
Ampolas - Inspeção visual
- Medição da carga

Válvulas - Inspeção visual
- Conduzir obrigatoriamente: relógio profundímetro e manômetro.

(2) Preparação pelo mergulhador
- (a) Conferir o material
- (b) Planejar o tempo utilizando-se das tabelas
- (c) Ensaiar os trabalhos antes da atividade subaquática
- (d) Revisar os sinais convencionais
- (e) Revisar os procedimentos de emergência e primeiros socorros.

(3) Sequência de equipagem
- (a) Roupa de neoprene
- (b) "Jacket" com ampolas
- (c) Máscara e "Snorkel"
- (d) Nadadeiras
- (e) Cinto de chumbo.

## 14-7. TABELAS E CORREÇÃO DE ESQUEMA

| SIGNIFICADO | GESTO | SIGNIFICADO | GESTO |
|---|---|---|---|
| Emergência - Recolha-me | | Tudo bem | |
| Problemas com meu ar | | Direção | |
| Problemas com meu ouvido | | Profundidade | |
| Para o que estiver fazendo | | Vamos subir |  |
| Tempo | | | |

Tab 14-3. Sinais convencionais para comunicação Subaquática

| Profundidade (metros) | Tempo de Fundo (min) | Tempo p/ primeira parada (min : seg) | PARADAS PARA DESCOMPRESSÃO (METROS) | | | | | Tempo Total de subida (min:seg) | Grupo repetitivo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 15 | 12 | 09 | 06 | 03 | | |
| 12 | 200 | | | | | | 0 | 0 : 40 | (*) |
| | 210 | 0 : 30 | | | | | 2 | 2 : 40 | N |
| | 230 | 0 : 30 | | | | | 7 | 7 : 40 | N |
| | 250 | 0 : 30 | | | | | 11 | 11 : 40 | O |
| | 270 | 0 : 30 | | | | | 15 | 15 : 40 | O |
| | 300 | 0 : 30 | | | | | 19 | 19 : 40 | Z |
| 15 | 100 | | | | | | 0 | 0 : 50 | (*) |
| | 110 | 0 : 40 | | | | | 3 | 3 : 50 | L |
| | 130 | 0 : 40 | | | | | 5 | 5 : 50 | M |
| | 140 | 0 : 40 | | | | | 10 | 10 : 50 | M |
| | 160 | 0 : 40 | | | | | 21 | 21 : 50 | N |
| | 180 | 0 : 40 | | | | | 29 | 29 : 50 | O |
| | 200 | 0 : 40 | | | | | 35 | 35 : 50 | O |
| | 220 | 0 : 40 | | | | | 40 | 40 : 50 | Z |
| | 240 | 0 : 40 | | | | | 47 | 47 : 50 | Z |
| 18 | 60 | | | | | | 0 | 1 : 00 | (*) |
| | 70 | 0 : 50 | | | | | 2 | 3 : 00 | K |
| | 80 | 0 : 50 | | | | | 7 | 8 : 00 | L |
| | 100 | 0 : 50 | | | | | 14 | 15 : 00 | M |
| | 120 | 0 : 50 | | | | | 26 | 27 : 00 | N |
| | 140 | 0 : 50 | | | | | 39 | 40 : 00 | O |
| | 160 | 0 : 50 | | | | | 48 | 49 : 00 | Z |
| | 180 | 0 : 50 | | | | | 56 | 57 : 00 | Z |
| | 200 | 0 : 40 | | | | 1 | 69 | 71 : 00 | Z |
| 21 | 50 | | | | | | 0 | 1 : 10 | (*) |
| | 60 | 1 : 00 | | | | | 8 | 9 : 10 | K |
| | 70 | 1 : 00 | | | | | 14 | 15 : 10 | L |
| | 80 | 1 : 00 | | | | | 18 | 19 : 10 | M |
| | 90 | 1 : 00 | | | | | 23 | 24 : 10 | N |
| | 100 | 1 : 00 | | | | | 33 | 34 : 10 | N |
| | 110 | 0 : 50 | | | | 2 | 41 | 44 : 10 | O |
| | 120 | 0 : 50 | | | | 4 | 47 | 52 : 10 | O |
| | 130 | 0 : 50 | | | | 6 | 52 | 59 : 10 | O |
| | 140 | 0 : 50 | | | | 8 | 56 | 65 : 10 | Z |
| | 150 | 0 : 50 | | | | 9 | 61 | 71 : 10 | Z |
| | 160 | 0 : 50 | | | | 13 | 72 | 86 : 10 | Z |
| | 170 | 0 : 50 | | | | 19 | 79 | 99 : 10 | Z |
| 24 | 40 | | | | | | 0 | 1 : 20 | (*) |
| | 50 | 1 : 10 | | | | | 10 | 11 : 20 | K |
| | 60 | 1 : 10 | | | | | 17 | 18 : 20 | L |
| | 70 | 1 : 10 | | | | | 23 | 24 : 20 | M |
| | 80 | 1 : 00 | | | | 2 | 31 | 34 : 20 | N |
| | 90 | 1 : 00 | | | | 7 | 39 | 47 : 20 | N |
| | 100 | 1 : 00 | | | | 11 | 46 | 58 : 20 | O |
| | 110 | 1 : 00 | | | | 13 | 53 | 67 : 20 | O |
| | 120 | 1 : 00 | | | | 17 | 56 | 74 : 20 | Z |
| | 130 | 1 : 00 | | | | 19 | 63 | 83 : 20 | Z |
| | 140 | 1 : 00 | | | | 26 | 69 | 96 : 20 | Z |
| | 150 | 1 : 00 | | | | 32 | 77 | 110 : 20 | Z |
| 27 | 30 | | | | | | 0 | 1 : 30 | (*) |
| | 40 | 1 : 20 | | | | | 7 | 8 : 30 | J |
| | 50 | 1 : 20 | | | | | 18 | 19 : 30 | L |
| | 60 | 1 : 20 | | | | | 25 | 26 : 30 | M |
| | 70 | 1 : 10 | | | | 7 | 30 | 38 : 30 | N |
| | 80 | 1 : 10 | | | | 13 | 40 | 54 : 30 | N |
| | 90 | 1 : 10 | | | | 18 | 48 | 67 : 30 | O |
| | 100 | 1 : 10 | | | | 21 | 54 | 75 : 30 | Z |
| | 110 | 1 : 10 | | | | 24 | 61 | 86 : 30 | Z |
| | 120 | 1 : 10 | | | | 32 | 68 | 101 : 30 | Z |
| | 130 | 1 : 00 | | | | 36 | 74 | 116 : 30 | Z |

Tab 14-4. Padrão de descompressão a ar

| Profundidade (metros) | Tempo de Fundo (min) | Tempo p/ primeira parada (min : seg) | PARADAS PARA DESCOMPRESSÃO (METROS) | | | | | Tempo Total de subida (min:seg) | Grupo repetitivo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 15 | 12 | 09 | 06 | 03 | | |
| 30 | 25 | | | | | | 0 | 1 40 | (*) |
| | 30 | 1 30 | | | | | 3 | 4 40 | I |
| | 40 | 1 30 | | | | | 15 | 16 40 | K |
| | 50 | 1 20 | | | | 2 | 24 | 27 40 | L |
| | 60 | 1 20 | | | | 9 | 28 | 38 40 | N |
| | 70 | 1 20 | | | | 17 | 39 | 57 40 | O |
| | 80 | 1 20 | | | | 23 | 48 | 72 40 | O |
| | 90 | 1 10 | | | 3 | 23 | 57 | 84 40 | Z |
| | 100 | 1 10 | | | 7 | 23 | 66 | 97 40 | Z |
| | 110 | 1 10 | | | 10 | 34 | 72 | 117 40 | Z |
| | 120 | 1 10 | | | 12 | 41 | 78 | 132 40 | Z |
| 34 | 20 | | | | | | 0 | 1 50 | (*) |
| | 25 | 1 40 | | | | | 3 | 4 50 | H |
| | 30 | 1 40 | | | | | 9 | 8 50 | J |
| | 40 | 1 30 | | | | 2 | 21 | 24 50 | L |
| | 50 | 1 30 | | | | 8 | 26 | 35 50 | M |
| | 60 | 1 30 | | | | 18 | 36 | 55 50 | N |
| | 70 | 1 20 | | | 1 | 23 | 48 | 73 50 | O |
| | 80 | 1 20 | | | 7 | 23 | 57 | 88 50 | Z |
| | 90 | 1 20 | | | 12 | 30 | 64 | 107 50 | Z |
| | 100 | 1 20 | | | 15 | 37 | 72 | 125 50 | Z |
| 37 | 15 | | | | | | 0 | 2 00 | (*) |
| | 20 | 1 50 | | | | | 2 | 4 00 | H |
| | 25 | 1 50 | | | | | 6 | 8 00 | I |
| | 30 | 1 50 | | | | | 14 | 16 00 | J |
| | 40 | 1 40 | | | | 5 | 25 | 32 00 | L |
| | 50 | 1 40 | | | | 15 | 31 | 48 00 | N |
| | 60 | 1 30 | | | 2 | 22 | 45 | 71 00 | O |
| | 70 | 1 30 | | | 9 | 23 | 55 | 89 00 | O |
| | 80 | 1 30 | | | 15 | 27 | 63 | 107 00 | Z |
| | 90 | 1 30 | | | 19 | 37 | 74 | 132 00 | Z |
| | 100 | 1 30 | | | 23 | 45 | 80 | 150 00 | Z |
| 40 | 10 | | | | | | 0 | 2 10 | (*) |
| | 15 | 2 00 | | | | | 1 | 3 10 | F |
| | 20 | 2 00 | | | | | 4 | 6 10 | H |
| | 25 | 2 00 | | | | | 10 | 12 10 | J |
| | 30 | 1 50 | | | | 3 | 18 | 23 10 | M |
| | 40 | 1 50 | | | | 10 | 25 | 37 10 | N |
| | 50 | 1 40 | | | 3 | 21 | 37 | 63 10 | O |
| | 60 | 1 40 | | | 9 | 23 | 52 | 86 10 | Z |
| | 70 | 1 40 | | | 16 | 24 | 61 | 103 10 | Z |
| | 80 | 1 30 | | 3 | 19 | 35 | 72 | 131 10 | Z |
| | 90 | 1 30 | | 8 | 19 | 45 | 80 | 154 10 | Z |
| 43 | 10 | | | | | | 0 | 2 20 | (*) |
| | 15 | 2 10 | | | | | 2 | 4 20 | C |
| | 20 | 2 10 | | | | | 6 | 8 20 | I |
| | 25 | 2 00 | | | | 2 | 14 | 18 20 | J |
| | 30 | 2 00 | | | | 5 | 21 | 28 20 | K |
| | 40 | 1 50 | | | 2 | 16 | 26 | 46 20 | N |
| | 50 | 1 50 | | | 6 | 24 | 44 | 76 20 | O |
| | 60 | 1 50 | | | 16 | 23 | 56 | 97 20 | Z |
| | 70 | 1 40 | | 4 | 19 | 32 | 68 | 125 20 | Z |
| | 80 | 1 40 | | 10 | 23 | 41 | 79 | 155 20 | Z |

Tab 14-4. Padrão de descompressão a ar (Continuação)

| Profundidade (metros) | Tempo de Fundo (min) | Tempo p/ primeira parada (min : seg) | PARADAS PARA DESCOMPRESSÃO (METROS) | | | | | Tempo Total de subida (min:seg) | Grupo repetitivo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 15 | 12 | 09 | 06 | 03 | | |
| 46 | 5 | | | | | | 0 | 2 : 30 | C |
| | 10 | 2 : 20 | | | - | | 1 | 3 : 30 | E |
| | 15 | 2 : 20 | | | | | 3 | 5 : 30 | C |
| | 20 | 2 : 10 | | | | 2 | 7 | 11 : 30 | H |
| | 25 | 2 : 10 | | | | 4 | 17 | 23 : 30 | K |
| | 30 | 2 : 10 | | | | 8 | 24 | 34 : 30 | L |
| | 40 | 2 : 00 | | | 5 | 19 | 33 | 59 : 30 | N |
| | 50 | 2 : 00 | | | 12 | 23 | 51 | 88 : 30 | O |
| | 60 | 1 : 50 | | 3 | 19 | 26 | 62 | 112 : 30 | Z |
| | 70 | 1 : 50 | | 11 | 19 | 39 | 75 | 146 : 30 | Z |
| | 80 | 1 : 40 | 1 | 17 | 19 | 50 | 84 | 173 : 30 | Z |
| 49 | 5 | | | | | | 0 | 2:40 | D |
| | 10 | 2:30 | | | | | 1 | 3:40 | F |
| | 15 | 2:20 | | | | 1 | 4 | 7:40 | H |
| | 20 | 2:20 | | | | 3 | 11 | 16:40 | J |
| | 25 | 2:20 | | | | 7 | 20 | 29:40 | K |
| | 30 | 2:10 | | | 2 | 11 | 25 | 40:40 | M |
| | 40 | 2:10 | | | 7 | 23 | 39 | 71:40 | N |
| | 50 | 2:00 | | 2 | 16 | 23 | 55 | 98:40 | Z |
| | 60 | 2:00 | | 9 | 19 | 33 | 69 | 132:40 | Z |
| | 70 | 1:50 | 1 | 17 | 22 | 44 | 80 | 166:40 | Z |
| 52 | 5 | | | | | | 0 | 2:50 | D |
| | 10 | 2:40 | | | | | 2 | 4:50 | P |
| | 15 | 2:30 | | | | 2 | 5 | 9:50 | H |
| | 20 | 2:30 | | | | 4 | 15 | 21:50 | J |
| | 25 | 2:20 | | | 2 | 7 | 23 | 34:50 | L |
| | 30 | 2:20 | | | 4 | 13 | 25 | 45:50 | M |
| | 40 | 2:10 | | 1 | 10 | 23 | 43 | 81:50 | O |
| | 50 | 2:10 | | 5 | 18 | 23 | 61 | 109:50 | I |
| | 60 | 2:00 | 7 | 15 | 27 | 37 | 74 | 152:50 | Z |
| | 70 | 2:00 | 8 | 17 | 19 | 51 | 86 | 163:50 | Z |

(*) Ver tabela de limite sem descompressão

Tab 14-4. Padrão de descompressão a ar (Continuação)

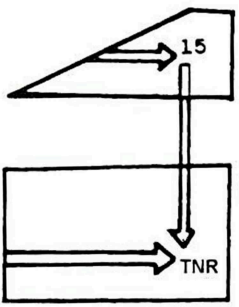
| LIMITES SEM DESCOMPRESSÃO | | | |
|---|---|---|---|
| PROFUNDIDADE (m) | TEMPO (H:MIN) | PROFUNDIDADE (m) | TEMPO (H:MIN) |
| 12 | 3 : 20 | 15 | 1 : 40 |
| 18 | 1 : 20 | 21 | 0 : 50 |
| 24 | 0 : 40 | 27 | 0 : 30 |
| 30 | 0 : 25 | 34 | 0 : 20 |
| 37 | 0 : 15 | 40 | 0 : 10 |
| 43 | 0 : 10 | 46 a 58 | 0 : 05 |

Tab 14-5. Limites sem descompressão (número 1)

| TABELA DE LIMITES SEM DESCOMPRESSÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PROF.(m) m / pés | | Limites s/ descompressão (min) | GRUPO DE REPETIÇÃO | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
| 3 | 10 | | 60 | 120 | 210 | 200 | | | | | | | | | | | |
| 4,5 | 16 | | 35 | 70 | 110 | 160 | 125 | 350 | 325 | | | | | | | | |
| 6 | 20 | | 25 | 50 | 75 | 100 | 135 | 180 | 210 | 325 | | | | | | | |
| 7,5 | 25 | | 20 | 35 | 55 | 75 | 100 | 125 | 160 | 195 | 245 | 315 | | | | | |
| 10 | 30 | | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 85 | 120 | 145 | 170 | 205 | 250 | 210 | | | |
| 10,5 | 36 | 310 | 6 | 15 | 25 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 190 | 220 | 270 | 310 |
| 12 | 40 | 200 | 5 | 15 | 25 | 30 | 40 | 50 | 70 | 80 | 100 | 110 | 120 | 150 | 170 | 200 | |
| 15 | 50 | 100 | | 10 | 15 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | | | |
| 18 | 60 | 60 | | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 55 | 60 | | | | | |
| 21 | 70 | 60 | | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | | | | | |
| 24 | 80 | 40 | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | | | | | | |
| 27 | 90 | 30 | | 5 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 | 30 | | | | | | | |
| 30 | 100 | 25 | | 5 | 7 | 10 | 15 | 20 | 22 | 25 | | | | | | | |
| 33 | 110 | 20 | | | 5 | 10 | 13 | 16 | 20 | | | | | | | | |
| 36 | 120 | 15 | | | 5 | 10 | 12 | 15 | | | | | | | | | |
| 39 | 130 | 10 | | | 5 | 8 | 10 | | | | | | | | | | |
| 42 | 140 | 10 | | | 5 | 7 | 10 | | | | | | | | | | |
| 45 | 150 | 5 | | | 5 | 5 | | | | | | | | | | | |
| 48 | 160 | 5 | | | | 5 | | | | | | | | | | | |
| 51 | 170 | 5 | | | | 5 | | | | | | | | | | | |
| 54 | 180 | 5 | | | | 5 | | | | | | | | | | | |
| 57 | 190 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | |

Tab 14-6. Limites sem descompressão (número 2)

GRUPO DE REPETIÇÃO NO INÍCIO DO INTERVALO DE SUPERFÍCIE (IS)




| NOVO GRUPO | Z | O | N | M | L | K | J | I | H | G | F | E | D | C | B | A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | A 010 1200 |
| | | | | | | | | | | | | | | | B 010 210 | 211 1200 |
| | | | | | | | | | | | | | | C 010 139 | 140 249 | 250 1200 |
| | | | | | | | | | | | | | D 010 109 | 110 238 | 239 548 | 549 1200 |
| | | | | | | | | | | | | E 010 054 | 056 157 | 159 322 | 323 632 | 633 1200 |
| | | | | | | | | | | | F 010 045 | 046 129 | 130 228 | 229 357 | 358 705 | 706 1200 |
| | | | | | | | | | | G 010 040 | 041 115 | 116 139 | 200 258 | 259 425 | 426 735 | 726 1200 |
| | | | | | | | | | H 010 036 | 037 106 | 107 141 | 142 223 | 224 320 | 321 449 | 450 758 | 800 1200 |
| | | | | | | | | I 010 033 | 034 059 | 100 129 | 130 202 | 203 244 | 245 343 | 344 512 | 513 821 | 822 1200 |
| | | | | | | | J 010 031 | 032 054 | 055 119 | 120 147 | 148 220 | 221 304 | 305 402 | 403 540 | 541 840 | 841 1200 |
| | | | | | | K 010 028 | 029 049 | 050 111 | 112 135 | 136 203 | 204 238 | 239 321 | 322 419 | 420 548 | 549 858 | 859 1200 |
| | | | | | L 010 026 | 027 045 | 048 104 | 105 125 | 126 149 | 150 219 | 220 253 | 254 336 | 337 435 | 436 602 | 603 912 | 943 1200 |
| | | | | M 010 025 | 026 042 | 043 059 | 100 118 | 119 139 | 140 205 | 206 234 | 235 308 | 309 352 | 353 449 | 450 618 | 619 928 | 929 1200 |
| | | | N 010 024 | 025 039 | 040 054 | 055 111 | 112 130 | 131 153 | 154 218 | 219 247 | 248 322 | 323 404 | 405 503 | 504 632 | 633 943 | 944 1200 |
| | | O 010 023 | 024 036 | 037 051 | 052 107 | 108 124 | 125 143 | 144 204 | 205 229 | 230 259 | 300 333 | 334 417 | 418 516 | 517 644 | 645 954 | 955 1200 |
| | Z 010 022 | 023 034 | 035 048 | 049 102 | 103 118 | 119 136 | 137 155 | 156 217 | 218 242 | 243 310 | 311 345 | 345 429 | 430 527 | 528 656 | 657 1005 | 1006 1200 |

Tab 14-7. Tempo de nitrogênio residual

| Prof. do Merg. de repetição m pés | | (N G R) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Z | O | N | M | L | K | J | I | H | G | F | E | D | C | B | A |
| 12 | 40 | 257 | 241 | 213 | 187 | 161 | 138 | 116 | 101 | 87 | 73 | 61 | 49 | 37 | 25 | 17 | 7 |
| 15 | 50 | 169 | 180 | 142 | 124 | 111 | 99 | 87 | 76 | 66 | 56 | 47 | 38 | 29 | 21 | 13 | 6 |
| 18 | 60 | 122 | 117 | 107 | 97 | 88 | 79 | 70 | 61 | 52 | 44 | 36 | 30 | 24 | 17 | 11 | 5 |
| 21 | 70 | 100 | 96 | 87 | 80 | 72 | 64 | 57 | 50 | 43 | 37 | 31 | 26 | 20 | 15 | 9 | 4 |
| 24 | 80 | 84 | 80 | 73 | 68 | 61 | 54 | 48 | 43 | 38 | 32 | 28 | 23 | 18 | 13 | 8 | 4 |
| 27 | 90 | 73 | 70 | 64 | 58 | 53 | 47 | 43 | 38 | 33 | 29 | 24 | 20 | 16 | 11 | 7 | 3 |
| 30 | 100 | 64 | 62 | 57 | 52 | 48 | 43 | 38 | 34 | 30 | 26 | 22 | 18 | 14 | 10 | 7 | 3 |
| 33 | 110 | 57 | 55 | 51 | 47 | 42 | 38 | 34 | 31 | 27 | 24 | 20 | 16 | 13 | 10 | 6 | 3 |
| 36 | 120 | 52 | 50 | 46 | 43 | 39 | 35 | 32 | 28 | 26 | 21 | 18 | 16 | 12 | 9 | 6 | 3 |
| 39 | 130 | 46 | 44 | 40 | 38 | 35 | 31 | 28 | 25 | 22 | 19 | 16 | 13 | 11 | 8 | 6 | 3 |
| 42 | 140 | 42 | 40 | 38 | 35 | 32 | 29 | 26 | 23 | 20 | 18 | 15 | 12 | 10 | 7 | 5 | 2 |
| 45 | 150 | 40 | 38 | 35 | 32 | 30 | 27 | 24 | 22 | 19 | 17 | 14 | 12 | 9 | 7 | 5 | 2 |
| 48 | 160 | 37 | 36 | 33 | 31 | 28 | 26 | 23 | 20 | 18 | 16 | 13 | 11 | 9 | 6 | 4 | 2 |
| 51 | 170 | 35 | 34 | 31 | 29 | 26 | 24 | 22 | 19 | 17 | 15 | 13 | 10 | 8 | 6 | 4 | 2 |
| 54 | 180 | 32 | 31 | 29 | 27 | 25 | 22 | 20 | 18 | 16 | 14 | 12 | 10 | 8 | 6 | 4 | 2 |
| 57 | 190 | 31 | 30 | 28 | 25 | 24 | 21 | 19 | 17 | 15 | 13 | 11 | 10 | 8 | 6 | 4 | 2 |
| TNR MINUTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tab 14-7a. Tempo de nitrogênio residual (Continuação)

| ALTITUDE | PROCEDIMENTO |
|---|---|
| Até 100 m (330 pés) | Cumprir a Tabela Padrão de Descompressão (TPD). |
| De 100 a 300 m (330 a 1.000 pés) | Some 1/4 da profundidade original e use o esquema de descompressão da TPD para o resultado obtido. |
| De 300 a 2.000 m (1.000 a 6.500 pés) | Some 1/3 da profundidade original e use o esquema de descompressão da TPD para o resultado obtido. |
| De 2.000 a 3.000 m (6.500 a 10.000 pés | Some 1/2 da profundidade original e use o esquema de descompressão da TPD para o resultado obtido. |
| **Exemplo**: Achar o esquema de descompressão para um mergulho a 18 m (60 pés) realizado em um lago situado a 400 m (1.320 pés) de altitude:<br>**Solução:**<br>Para altitude = 400 m (1.320 pés), somar 1/3 da profundidade.<br>Prof. Equivalente = Prof. + 1/3 Prof. = 18 + 18/3 = 18 + 6 = 24 m (80 pés).<br>**Resposta**: Entrar na TPD com 24 m (80 pés). | |

Tab 14-8. Correção do esquema de descompressão

# CAPÍTULO 15

# OPERAÇÕES

## ARTIGO I

## A ENGENHARIA EM OPERAÇÕES

### 15-1. GENERALIDADES

**Formas de Apoio de Engenharia**

| APOIO AO CONJUNTO | APOIO SUPLEMENTAR | APOIO DIRETO | REFORÇO |
|---|---|---|---|
| - Trabalhos em proveito do escalão apoiado ou em proveito de dois ou mais de seus elementos<br>- Forma de emprego mais centralizada | - Suprir insuficiência de engenharia de um escalão que já possui engenharia<br>- Comando permanece com elemento apoiador<br>- Elm apoiado: Determina suas necessidades e prioridades. Fixa especificações e supervisiona a execução<br>- Tipos: Apoio Suplementar por Área, Apoio Suplementar Específico e combinação dessas modalidades | - Apoio a elemento que não possui engenharia<br>- Apoio aos elementos da arma base que sejam empregados de maneira centralizada<br>- Comando permanece com elemento apoiador<br>- Tropa apoiada indica suas necessidades e prioridades<br>- Forma de apoio semi-centralizada | - Apoio a elemento que possui ou não engenharia<br>- Elemento de engenharia fica sob comando da unidade reforçada<br>- Apoio aos elementos da arma base empregados de maneira descentralizada<br>- Força-tarefa: A engenharia em reforço passa a integrar essa força |

Tab 15-1. Características das formas de apoio de engenharia

### 15-2. APOIO DE ENGENHARIA ÀS OPERAÇÕES OFENSIVAS

**a. Tipos de operações ofensivas e o apoio de engenharia**

| TIPO DE OPERAÇÃO OFENSIVA | APOIO DA ENGENHARIA ORGÂNICA | APOIO DA ENGENHARIA DO ESCALÃO SUPERIOR |
|---|---|---|
| Marcha para o combate | - Apoio ao conjunto<br>- Apoio direto<br>- Reforço | - Apoio suplementar<br>- Reforço |
| Reconhecimento em força | - Apoio ao conjunto<br>- Reforço | - Apoio suplementar<br>- Reforço |
| Ataque | - Apoio ao conjunto<br>- Apoio direto<br>- Reforço | - Apoio suplementar<br>- Reforço |
| Aproveitamento do êxito | - Apoio ao conjunto<br>- Reforço | - Apoio suplementar<br>- Reforço |
| Perseguição | - Apoio ao conjunto<br>- Reforço | - Apoio suplementar<br>- Reforço |

Tab 15-2. Apoio de engenharia às operações ofensivas

**b. Formas de manobras táticas na ofensiva**

(1) Penetração

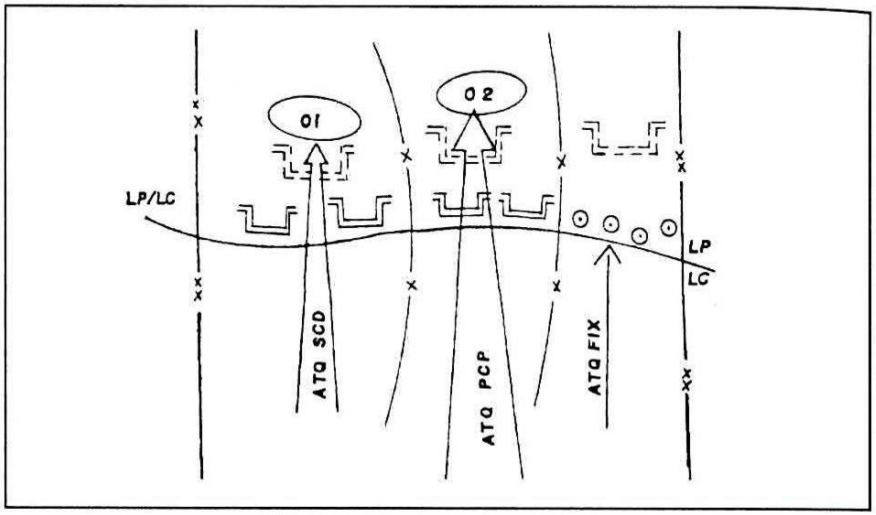



Fig 15-1. Esquema de operação

(2) Ataque Frontal

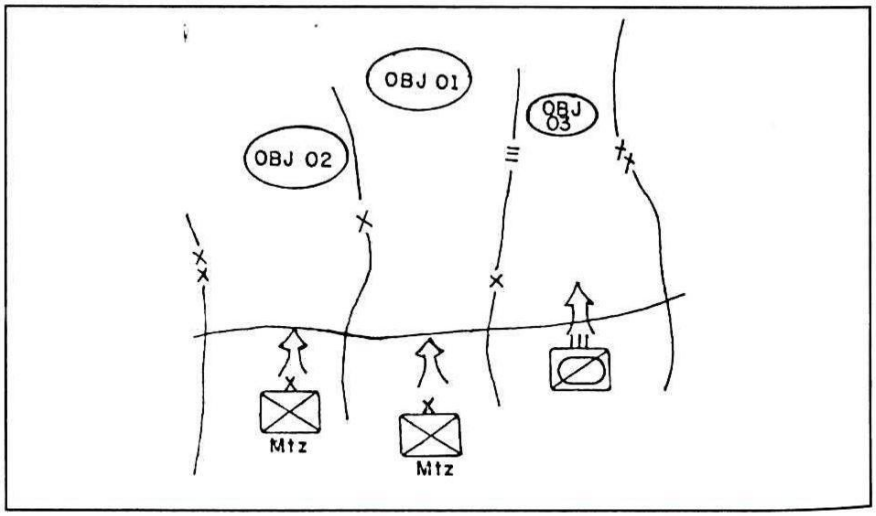



Fig 15-2. Esquemas de operação

(3) Desbordamento

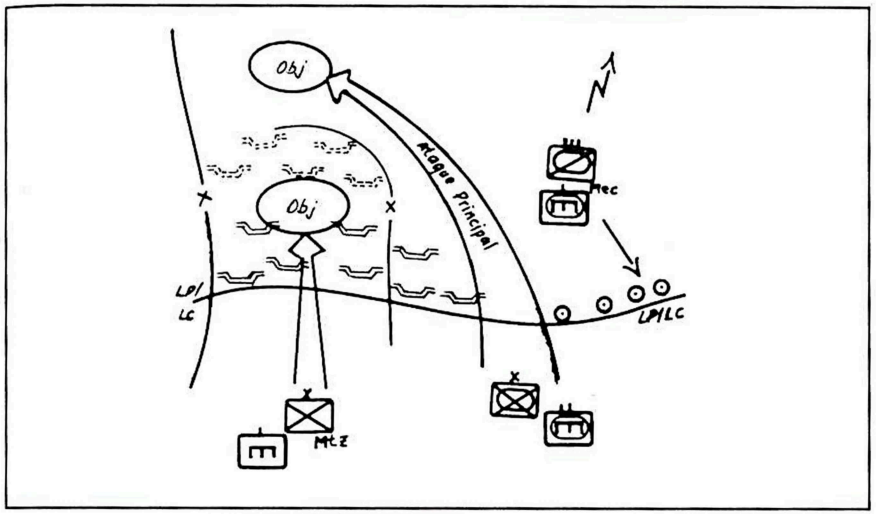



Fig 15-3. Esquema de operação

(4) Envolvimento

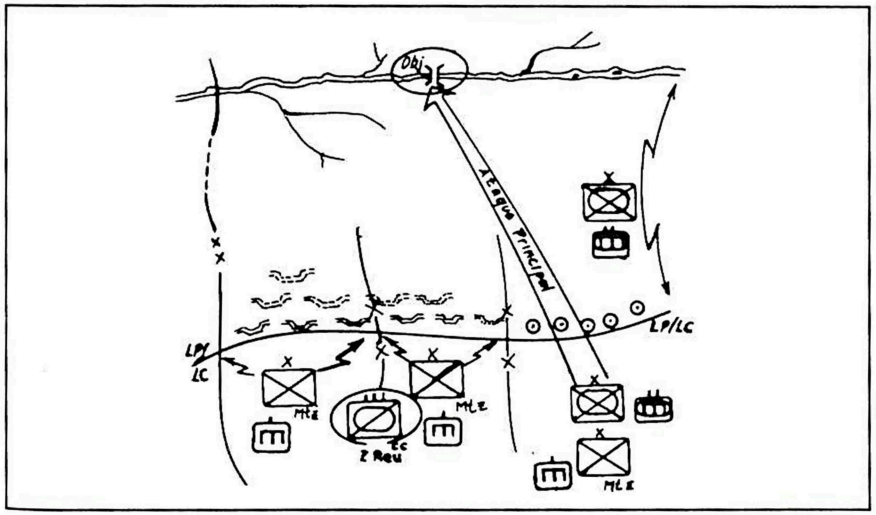



Fig 15-4. Esquema de operação

### c. Trabalhos técnicos de engenharia na ofensiva

| TRABALHOS TÉCNICOS | ATIVIDADES DESENVOLVIDAS |
|---|---|
| Reconhecimentos especializados | - Coleta, avaliação e difusão das informações<br>- Itn, Rv e Fv, Pnt, vaus, balsas, obstáculos, suprimento de água, recursos locais etc |
| Estradas | - Manter ou aumentar a capacidade da rede mínima de estradas<br>- Restabelecer o tráfego em trechos interrompidos<br>- Construir novos trechos, ampliando a rede existente |
| Pontes | - Travessia de cursos de água com meios descontínuos de transposição<br>- Construção e manutenção de passadeiras<br>- Construção, operação e manutenção de portadas<br>- Construção e manutenção de pontes<br>- Lançamento de PPB<br>- Construção, reparação e melhoramentos em pontes semi-permanentes |
| Organização do Terreno | - Limpezas de campos de tiro<br>- Construção de PO e PC<br>- Aberturas de passagens em obstáculos<br>- Lançamentos de obstáculos<br>- Camuflar os trabalhos e as instalações de interesse do conjunto e os que exijam técnica especial |
| Instalações | - Acantonamentos, depósitos e sistemas de iluminação, de energia e de abastecimento de água<br>- Aeródromos, campos de prisioneiros de guerra, etc |
| Assistência técnica | - Às demais armas e serviços em: destruições, minas e armadilhas, camuflagem, fortificações de campanha, barreiras, navegação e outros |

Tab 15-3. Trabalhos técnicos de engenharia na ofensiva

### d. Fases de um ataque coordenado

| FASES DO ATAQUE COORDENADO | PERÍODO CONSIDERADO |
|---|---|
| Antes do desembocar do ataque | - Até 12 horas antes da hora H |
| Desembocar do ataque | - De 12 horas antes da hora H até a hora H |
| Durante o ataque | - Da hora H até a conquista dos primeiros objetivos |
| Após o ataque | - Após a consolidação dos primeiros objetivos |

Tab 15-4. Fases de um ataque cordenado

### e. Classificação dos trabalhos de engenharia

| FASES | PERMANENTES | TEMPORÁRIOS |
|---|---|---|
| Antes do Dbc Atq | - Reconhecimentos de engenharia | - Lançamento de obstáculos de proteção<br>- Abertura de passagens em obstáculos<br>- Construções de instalações<br>- Construção de PO e PC |
| No Dbc Atq | - Manuntenção da rede mínima de estradas | - Abertura de passagens em obstáculos<br>- Acompanhamento as forças de 1º Esc<br>- Travessia de cursos de água em botes de assalto<br>- Lançamento de passadeiras<br>- Lançamento de PPB<br>- Balizamento de vaus e pistas |
| Durante o Atq | - Suprimento de água | - Alguns trabalhos da fase anterior pocem continuar<br>- Construção e manutenção de portadas e pontes |
| Após o Atq | - Manutenção do equipamento de engenharia | - Alguns trabalhos da fase anterior podem continuar.<br>- Lançamento de obstáculos de proteção |

Tab 15-5. Classificação dos trabalhos de engenharia

### f. Necessidades mínimas de passagens nos obstáculos

<table>
<tr><td rowspan="3">Tropas a Pé</td><td>Atq Pcq</td><td>1 trilha x Pel 1º Esc</td><td>- 1 GE por trilha</td><td rowspan="4">- Em princípio, os engenheiros das Bda de 1º Esc não deverão realizar trabalhos para o Dbc do ataque</td></tr>
<tr><td>Atq Scd</td><td>1 trilha x SU 1º Esc</td><td rowspan="2">- 1 Pel E por brecha</td></tr>
<tr><td colspan="2">Trabalho sucessivo: trabalho sucessivo: uma brecha simples uma brecha dupla por U 1º Esc por Bda</td></tr>
<tr><td colspan="2">Tropa Embarcada</td><td>1 brecha simples x SU 1º Esc<br>Trabalho sucessivo: uma brecha dupla por Bda.</td></tr>
</table>

Tab 15-6. Necessidades mínimas de passagens nos obstáculos

## 15-3. APOIO DE ENGENHARIA ÀS OPERAÇÕES DEFENSIVAS

### a. Tipos de operações defensivas e formas de manobra

| TIPOS DE OPERAÇÕES DEFENSIVAS | FORMAS DE MANOBRA |
|---|---|
| Defesa em posição | - Defesa de Área |
| | - Defesa Móvel |
| Movimentos Retrógrados | - Retraimento |
| | - Ação Retardadora |
| | - Retirada |

Tab 15-7. Tipos de operações ofensivas e formas de manobra

**b. Apoio de engenharia na Defesa em Posição**

(1) Formas de manobras táticas

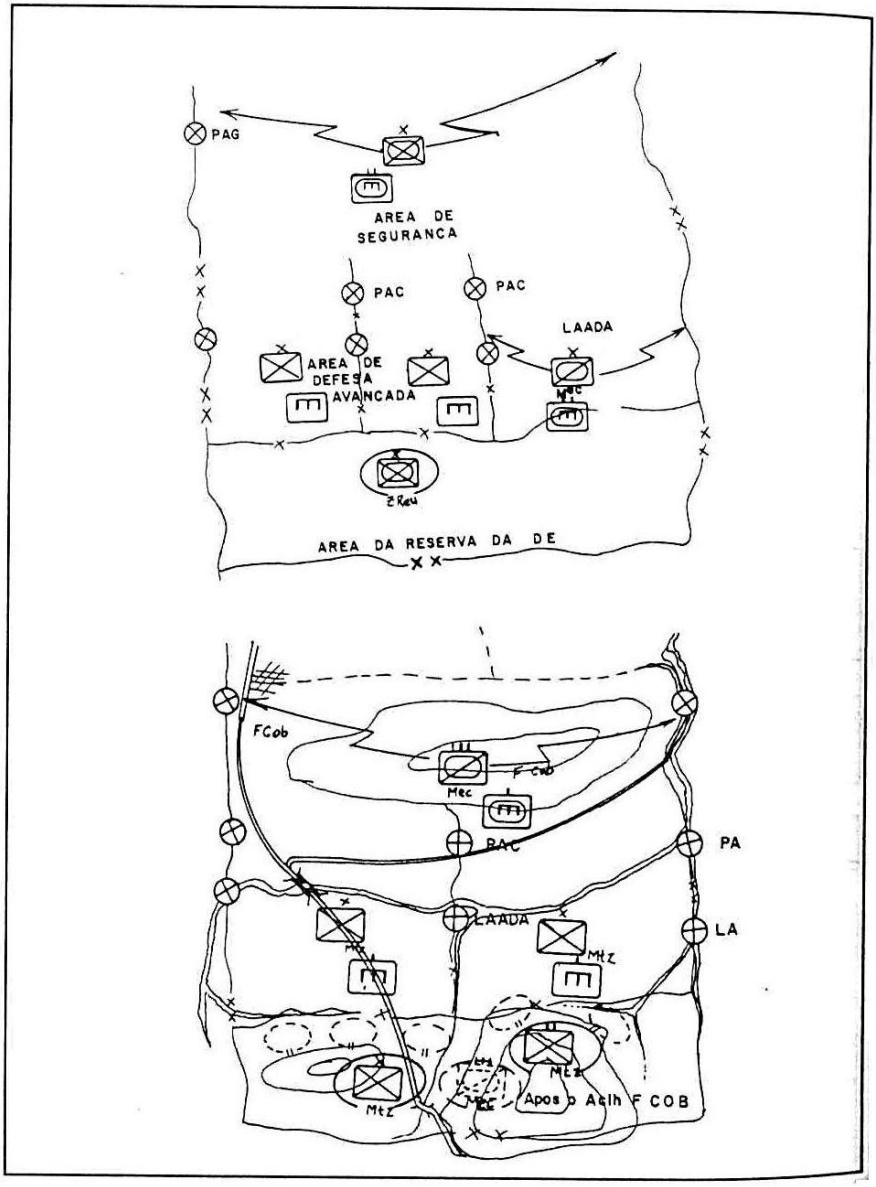



Fig 15-5. Esquemas de operações

(2) Apoio de Engenharia

| APOIO DE ENGENHARIA NA DEFENSIVA / Escalão Brigada | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **ESCALÃO** | **SITUAÇÃO** | | **EMPREGO** | **FORMAS DE APOIO** | | **TRABALHOS MAIS COMUNS** |
| Bda | F SEG | | DESCENTRALIZADO | REFORÇO | | |
| | Forças da Área de Defesa Avançada (ADA) | DISPONIBILIDADE DE TEMPO | CENTRALIZADO | Apoio ao Conjunto Apoio Direto (F da ADA na iminência do Inimigo abordar PDef) | | Preparação dos Nu Apfd (núcleo de Aprofundamento) |
| | | | | | | Estradas e pontes |
| | | | | | | Ap ao C Atq (REPOIA) |
| | | | | | | Cnst Abrigos, PO e PC |
| | | ESCASSEZ DE TEMPO | DESCENTRALIZADO | Ap Dto / Ref (F Man na ADA) Apoio Suplementar | | Desde o início |
| | | | | | | Abertura trilhas (Conduta de Def) |
| | | | | | | Cnst de PO, PC, Abrigos, Nu Apfd e Mnt Estr |
| | | | | | | Outros trabalhos de interesse da Bda Div |
| | FORÇAS RESERVAS | | CENTRALIZADO | Para o contra ataque Apoio Direto e Apoio ao Conjunto | | Trab na A Rg/Div p/ Emp Res |
| | | | | | | Trab no planejamento Emp Res |
| | | | | | | PO - PC - Nu Apfd Def/Div |
| | | | | | | Trabalhos interesse de toda Bda / Div (Estr e Pnt) |
| | SITUAÇÃO CRÍTICA | | CENTRALIZADO | Atua como tropas de infantaria | | Combate como infantaria ocupando Nu Apfd e defendendo os canteiros de trabalhos |
| | RECEBER APOIO DO ESCALÃO SUPERIOR | | ---------- | Reforço | Pessoal | Conservação e reparação de estradas |
| | | | | | Material | Reparação de pontes e pontilhões |
| | | | | Apoio Suplementar | | Reparação dos Nu Apfd e construção de obstáculos |
| | | | | | | Assistência Técnica às demais armas |
| Na conduta da Defesa | | | | | | Abertura e fechamento das passagens nos Obt |
| **TRABALHOS TÉCNICOS**<br>- Reconhecimento de estradas e pontos críticos.<br>- Reparação e recuperação de estradas e pontes que assegure o suprimento e o retraimento da brigada.<br>- Organização do terreno com execução de destruições; lançamento de obstáculos; estabelecimento das zonas de obstáculos com trabalhos parciais; lançamento de obstáculos e barreiras para proteção de flancos. | | | | | | |

Tab 15-8. Apoio de engenharia na defensiva

### c. Apoio de engenharia nos Movimentos Retrógrados

| ENGENHARIA / MVT RTG | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **FORMAS DE MANOBRA NA DEFESA** | **EMPREGO** | **FORMAS DE APOIO** | **TRABALHOS MAIS COMUNS** |
| Bda | RETIRADA | DESCEN-TRALIZADO | REFORÇO | Reparação de estradas e pontes |
| | | | | Trabalhos emergenciais de interesse da Div/Bda |
| | AÇÃO RETARDADORA (Posições sucessivas ou alternadas) | CENTRALIZADO | APOIO DIRETO (as U/Bda ADA) | Realiza trabalhos específicos nas estradas e pontes |
| | | | | Executa a preparação e destruição dos pontos críticos e constroe os obstáculos |
| | | | APOIO AO CONJUNTO | Realiza outros trabalhos de interesse do conjunto |
| | | | REFORÇO | Reforça os elementos de engenharia do destacamento retardador |
| | RETRAIMENTO | DESCEN-TRALIZADO | REFORÇO | Integra a força de cobertura (FT) e realiza trabalhos técnicos necessários ao retraimento. |
| | Missões de Combate (excepcionalmente) | CENTRALIZADO | COMO TROPAS DE INFANTARIA E ENGENHARIA | Defende os Canteiros de trabalho, os obstáculos e barreiras. |
| | | | | Combate como infantaria nas posições de retardamento |
| | | | | Executa o tratamento e distribuição de água, conforme a situação permitir e realiza reconhecimentos especializados |

Tab 15-9. Engenharia no movimento retrógrado

## 15-4. OPERAÇÃO DE TRANSPOSIÇÃO DE CURSO DE ÁGUA OBSTÁCULO

É uma operação especial por necessitar de uma grande quantidade de equipamento especializado e de pessoal, especificamente instruído e treinado.

Essa operação comporta normalmente, a conquista e a manutenção de uma cabeça-de-ponte como ação preliminar para o prosseguimento da operação ofensiva, ou para a realização do movimento retrógrado na defensiva.

**a. Esquema de uma operação de transposição**

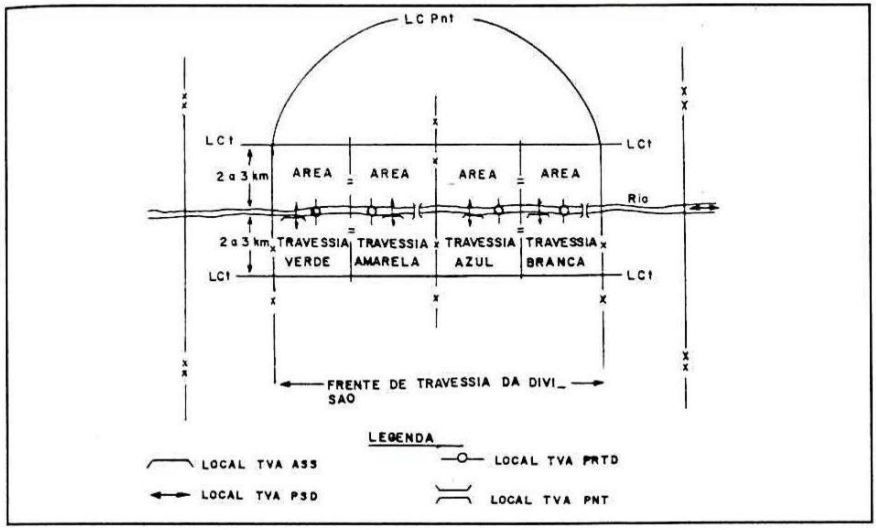



Fig 15-6. Esquema de uma operação de transposição

**b. Esquema de uma Zona de Reunião Final de Material de Engenharia**

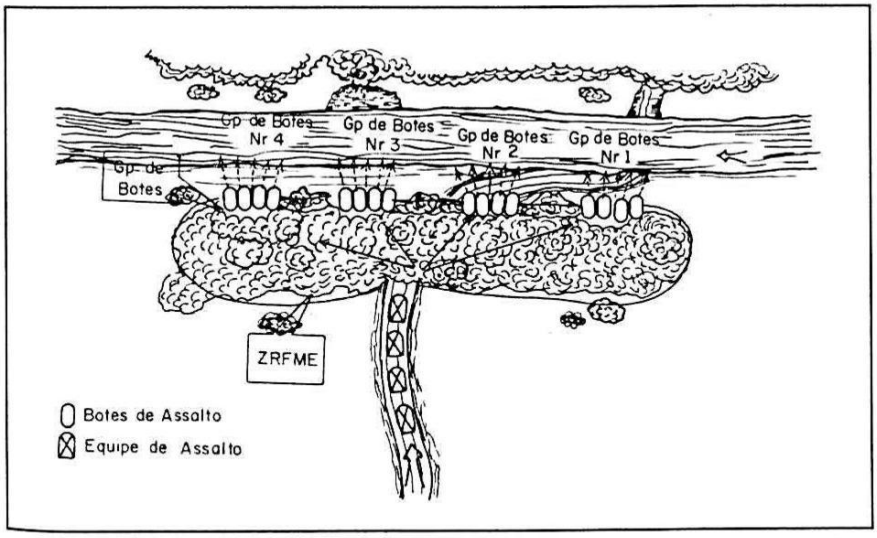



Fig 15-7. Esquema de uma zona de reunião final de material de Engenharia

### c. Exemplo de um Calco de Circulação e Controle do Trânsito

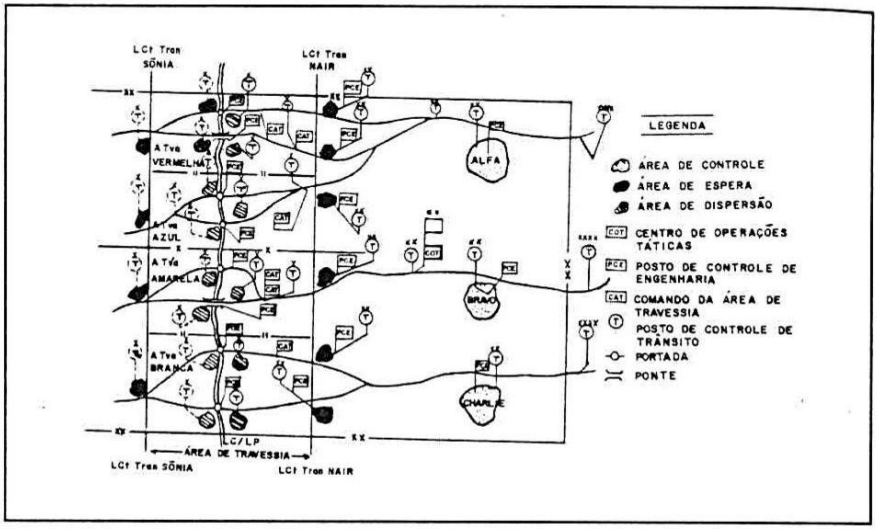



Fig 15-8. Exemplo de um calco de circulação e controle do trânsito

### d. Instalações de meios de proteção em um local de ponte

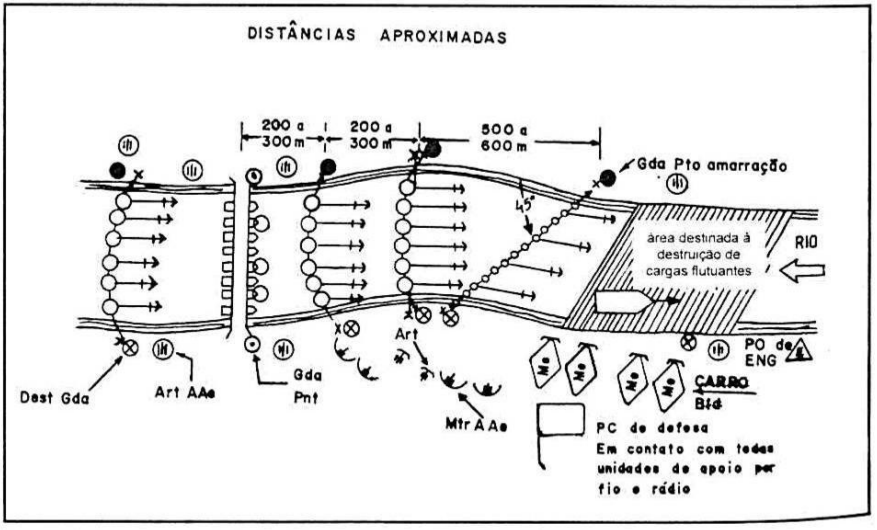



Fig 15-9. Instalações de meios de proteção em um local de ponte

## e. Fases de uma transposição

| | | |
|---|---|---|
| Transposição em 3 lanços | Manobra tática da arma base | Fases técnicas para a Engenharia |
| | Desencadeamento das operações na linha de partida e na hora H estabelecidas | Assalto inicial com botes ou viaturas anfíbias, apoiado pelo fogo de artilharia, pela cortina de fumaça e pelo apoio da F Ae |
| 1º lanço | Conquista de objetivos que impedem o inimigo de realizar o tiro direto sobre os locais de travessia selecionados | Início dos trabalhos de montagem de passadeiras, de portadas e conclusão do assalto |
| 2º lanço | Conquista de objetivos que impedem o inimigo de realizar fogos observados de artilharia sobre os locais de travessia | Início da montagem das pontes e operação das portadas e passadeiras |
| 3º lanço | Conquista de objetivos que asseguram espaço na segunda margem para, sem congestionamento, acomodar as tropas, equipamentos e as instalações essenciais, evitando os tiros de artilharia continuados e eficazes | Garantida a superioridade aérea, permite a utilização ininterrupta dos meios de travessia.<br>Fica materializado a conquista da cabeça-de-ponte |

Tab 15-10. Fases técnicas e táticas da transposição

## f. Roteiro para planejamento dos meios de travessia

| Necessidades | | MATERIAL | PESSOAL | |
|---|---|---|---|---|
| FASES | MEIOS | | Tripulação | Guias |
| 1ª | Botes de assalto | BI em 1º escalão<br>E VBP + 1/3 (b)<br>Nr BI x Nr Loc Tva Ass | VBP = Nr Bt x 3 (a) | VR = Nr Bt VR + 1/3 (b) |
| | | | Dividir por 30, aproximar para o inteiro maior;<br>Multiplicar pelo Nr de BI em 1º Escalão;<br>Acrescer necessidades para trabalhos nas margens. | |
| 2ª | Passa-deiras | 1 por brigada em 1º escalão. Passagem do BI reserva.<br>L + 1/3 (b) por local de Psd | 1 Pelotão por local de passadeira | |
| | Portada L<br>Portada P | 1 local por brigada em 1º escalão<br>2 locais por brigada em 1º escalão<br>Dosagem por local conforme a Fig 15-12<br>Multiplicar pelo Nr de locais de portadas | 1 Pelotão por local de portada<br>Multiplicar pelo Nr de locais. Necessidade por brigada.<br>Somar 1/3 (b), para transposição preparada.<br>Acrescer necessidades de mão-de-obra para trabalhos nas margens. | |
| 3ª | Pontes | 1 por brigada em 1º escalão ou 2 por divisão<br>L + 1/3 (b) (e) | Largura | Efetivo - Ponte B4 A1 / A2 |
| | | | L < 90 m (c) | 1 Cia E = 3 Pel E |
| | | | L > 90 m | 2 Cia E = 6 Pel E |
| | | | Manutenção e Operação | Passadeira - 1 GE (d)<br>Portada - 1 GE (d)<br>Pontes - 1 Pel E (e) |
| | | | Acrescer necessidades para trabalhos nas margens<br>Não calcular reserva de pessoal na 3ª fase Ap | |
| Disponibilidade de Pessoal | | Disponibilidade 1ª fase = Dspn ED (Bda) + Dspn recebidas<br>Disponibilidade 2ª fase = Dspn 1ª fase - perdas da 1ª fase (f)<br>Disponibilidade 3ª fase = Dspn 2ª fase - perdas da 2ª fase (f) | | |

**OBSERVAÇÕES** - Aproximar os valores para mais; Na primeira fase pode se empregar viaturas anfíbias como meio de travessia de assalto.
(a) Reserva já incluída
(b) 1/3 corresponde a reserva
(c) Para ponte M4T6, o valor de "L" reduz para 80 m
(d) Por passadeira ou portador
(e) Por local de ponte
(f) Considere perdas da 1ª / 2ª fases = reserva da 1ª / 2ª fases + outros

Tab 15-11. Roteiro para planejamento dos meios de transposição

### g. Quadro das necessidades de meios de travessia

| MEIO TRANSPOSIÇÃO | DOSAGEM NECESSÁRIA | |
|---|---|---|
| | MATERIAL | PESSOAL DE ENG |
| Botes de Assalto (BtAss) | 1 VBP - 36 / Bl<br>2 VBP - 58 / Bl<br>3 VBP - 75 / Bl | 4 Pel E / Bl<br>6 Pel E / Bl<br>7 Pel E / Bl |
| Passadeira (Psd) | 1 / Bda | Const - 1 Pel E/Psd<br>Mnt - 1 GE / Psd |
| Portada Leve (PrtdL) | 1 Local / Bda | Const - 1 Pel E/Local<br>Mnt - 1 GE / Prtd |
| Portada Pesada | 2 Locais / Bda | Const - 1 Pel E/Local<br>Mnt - 1 GE / Prtd |
| Ponte (Pnt) | 1 Bda (1º Esc)<br>ou 2 / DE | Const - 1 Cia E / Pnt até 90 m<br>Mnt - 1 Pel E / Pnt<br>Proteção - 1 Pel E / Pnt |

Tab 15-12. Quadro das Necessidades de meios para transposição

### h. Articulação de um Bl para travessia em botes de assalto

| BATALHÃO DE INFANTARIA | | | Nr Bt Parcial | Nr Bt Total | Obs |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Cmdo do Bl (Cmt e EM) | | | 1 | 1 | |
| C C Sv (1 por Bl) | Cmt e Sec Cmdo | | 1 | 3 | (a) |
| | Pel Cmdo | | 1 | | |
| | Pel Com | | 1 | | |
| Cia Fzo (3 por Bl) | Cmt e Sec Cmdo | | 1 | 19 (d) | 3 Pel Fzo por Cia |
| | Pel Fzo (x 3) | | 4 | | |
| | Pel Ap | Sec Mtr ( 2 Pç ) | 2 | | |
| | | Sec AC ( 3 Pç ) | 2 | | |
| | | Sec Mtr 81 (2 Pç) | 2 | | |
| Cia Ap (1 por Bl) | Cmt e Sec Cmdo | | - | 6 | |
| | Gp Sap | | 1 (c) | | |
| | Pel Mtr (Cmdo + 2 Sec + Gp Cmdo) | | 3 | | |
| | Pel Mtr P | | - | | (b) |
| | Pel AC (Se MAC e Sec CSR) | | 2 | | (c) |
| Pel E Cmb (Cmt Gp Cmdo e 3 GE) | | | 3 | 3 | 32 |

**OBSERVAÇÕES**
(a) - Elm do Pel Sau reforçam as Cia Fzo; o restante passa pela Prtd
(b) - Normalmente passa pela Prtd; caso contrário Nec 5 Bt Ass
(c) - A Sec CSR passa pela Prtd; a Sec MAC Nec 2 Bt Ass, caso tenha que transpor no Esc Ass
(d) - 19 = (3 x 4) + 7
- Este quadro pode variar em função de cada unidade
- O restante do Bl passa pelas Psd, Prtd e Pnt, havendo necessidade, organizar em botes
- Computar a reserva de 1/3 (pessoal e material) e os guias para as vagas de retorno (VR)

Tab 15-13. Articulação do Bl para travessia em botes de assalto

### i. Dotação e possibilidades da Engenharia nos Escalões Bda, DE e Ex Cmp

| GU | | U/SU | Bt | M4T6 RIBBON | B4A2 | Psd Al (6) | Prtd Leve | Pnt XLP10 | L PES | BL | CBLP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bda | Inf Bld | BE CMB / (1) | - | - | - | - | - | (1) Ver BE Cmb / DE (atualmente 1 Cia E Cmb Bld) (2) ou 1/2 Eqp B4A2 | | | |
| | C Bld | | | | | | | | | | |
| | C Mec | | | | | | | | | | |
| | Inf Mtz | Cia E Cmb | 20 | 1 (2) | | 1 | 1 | | | | |
| | Inf Pqdt | Cia E Cmb Pqdt | 20 | | | 1 | 1 (4) | | | | |
| | Inf Sl | Cia E Cmb Sl | 20 | | | | 1 (4) | | 2 | 2 (5) | |
| DE | | BE Cmb | 60 | 2 (2) | - | 1 | 6 | 6 | | | 4 |
| | | Cia E Pnt Flu | 60 | 2 (2) | | 1 | 6 | (3) ou 2 Eqp B4A2 / ou 1 Eqp Bailey Uniflot (4) ou 1 Prtd 4SF ou Prtd Ribbon (5) Balsa leve e pesada (6) 1 Eqp 144 m (7) 1 Eqp Pnt Bailey M2 (2 Pnt DS 80' ou 1 Pnt DD 130') | | | |
| Ex Cmp | | Cia E Pnt Flu Cia E Pnt Pa | 180 | 5 (3) (7) | | 1 | 12 | | | | |

Tab 15-14. Dotações e possibilidades da engenharia nos escalões Bda, DE, Ex Cmp

## ARTIGO II

## DOCUMENTOS DE OPERAÇÕES

15-5. MEMENTOS E MODELOS DE DOC PARA OPERAÇÕES

**a. Memento do Cmt Pel E Cmb (Estudo de Situação)**

(Classificação sigilosa)

MEMENTO DO CMT PEL E CMB

1. Recebimento da Missão

- O Op da Cia E Cmb ou da tropa apoiada.
- Ordens fragmentárias.

2. Análise da Missão

**a. Missão da Tropa apoiada**

1) Tipo de operação
2) Forma de manobra.
3) Finalidade da missão e objetivos.
4) Tropa empregada
   - em 1º escalão
   - na reserva
5) Sequência das ações a realizar.
6) Frente, profundidade e eixos de progressão.
7) Prazos para início e término da missão.

**b. Missão do Pel E Cmb**

1) Missão tática (Ap Direto ou Ref).
   (a) Ações prioritárias para o Ap Eng.
   (b) Prazo para:
      (1) Planejamento
      (2) Ensaios
      (3) Dsl e início da missão.
      (4) Duração da ação no objetivo.
      (5) Tempo para retraimento.
      (6) Término da missão.
2) Missões Técnicas (Ap Spl Epcf ou Ap Cj).
   (a) Tipo de Trabalho
   (b) Prazos para:

(Classificação sigilosa)

(Classificação sigilosa)

- deslocamento
- início e conclusão dos Trabalhos Técnicos.

**c. Conclusão parcial**

1) Tipo de apoio de Eng.
2) Trabalhos Técnicos a realizar.
3) Prazos necessários.

3. Situação e Linhas de Ação

**a. Considerações que afetam a missão do pelotão**

1) Características da região de operações.
   a) Condições meteorológicas.
      (1) Luminosidade.
         - hora de luz
         - luar
      (2) Previsão do tempo
         - precipitações
         - temperaturas
      (3) Ventos
         - direção
         - velocidade
   b) Terreno
      (1) Aspectos topográficos
         - Relevo
         - Linhas de água
         - Vegetação
         - Natureza do solo
         - Obras e instalações
      (2) Aspectos Táticos
         - Observação
         - Campos de tiro
         - Cobertas e abrigos
         - Obstáculos naturais e artificiais
         - Acidentes capitais
         - vias de acesso
      (3) Aspectos de Engenharia do Terreno
         - Locais de construção
         - Materiais de construção

(Classificação sigilosa)

(Classificação sigilosa)

- Suprimento de água
- Estradas
- Transitabilidade através campo
- Pontos críticos
- Vaus e pontes

(2) Situação do inimigo

a) Valor; natureza; localização e atividades

b) Peculiaridades; deficiências e vulnerabilidade da Eng

c) Infiltração, particularmente e atividades

d) Possibilidade de emprego de armas químicas, biológicas e nucleares

e) Trabalhos da Engenharia inimiga

- C Minas - Área Minada
- Obstáculos
- Preparação e destruição de pontes
- Agravamento de curso de água
- Construção de abrigos
- Abertura de crateras
- Camuflagem

4. Conclusões Parciais

a) Influência do inimigo e do terreno quanto:

(1) aos desdobramentos dos meios do pelotão - desenfiamento, camuflagem e segurança

(2) nos deslocamentos - rede de estradas, condições de trafegabilidade e de segurança

(3) na observação - possibilidade, profundidade, limitações

(4) no Ap Adm do Pelotão

(5) nos trabalhos técnicos de Eng - rendimento, segurança

b) Levantamento das necessidades quanto:

(1) Aos trabalhos técnicos - Rec, Estr, Pnt e OT

(2) As regiões favoráveis de estacionamento do Pel E Cmb

(3) A proteção contra a guerra QBN, guerrilheiros, inimigos aéreos, sabotadores e infiltração

(4) Combater para realizar os trabalhos de Eng

**a. Nossa Situação**

1) Disponibilidade de meios

(Classificação sigilosa)

(Classificação sigilosa)

- Pel E Cmb
- Cia E Cmb
- Apoio Escalão Superior

2) Necessidade de apoio de Eng

**b. Linhas de Ação**

1) Necessidades Trab Téc versus disponibilidades
2) Providências e prazos
3) Limitações para o apoio
4) Comparação das linhas de ação

5. Decisão

**a. Trabalhos de Eng a realizar**

(1) Reconhecimentos especializados

(2) Estradas: Balizamento de pistas, reparação, melhoramento e conservação

(3) Pontes: Balizamento de vaus, reforçamento e reparação de pontes, construção de Pnt ou pontilhões

(4) OT: remoção e construção de Obt, abertura de passagem em C minas, destruições e camuflagem

(5) Instalações: reparações

(6) Assistência técnica: camuflagem, instruções dos assuntos peculiares.

**b. Emprego do Pel E Cmb e dos Ap Esc Sp**

QUEM escolher para os trabalhos
O QUE conduzir
QUANDO realizar (prazos)
ONDE serão os trabalhos (localização exata)
COMO executar a missão (plano de execução)
PARA QUE atuar (finalidade do trabalho)

**c. Administração**

1) Ração e água
2) Armt, Munição e explosivos
3) Uniforme e Eqp individual
4) Suprimentos e Eqp disponíveis
5) Transporte (Ordem de Movimento)
   - Formação inicial, itinerários, pontos críticos Ação no contato

(Classificação sigilosa)

(Classificação sigilosa)

com o inimigo.

6) Evacuação de feridos

**d. Ligações e Comunicações**

1) Comunicações
   a) Redes-rádios e Diagrama de circuitos
   b) Indicativos e frequências principais e reserva
   c) Abertura das redes e horário de ligações
   d) Prescrições para o uso dos meios de Com
   e) Autenticação (ou senha e contra-senha)
2) Comando
   a) Cadeia de Comando
   b) Onde encontrar o Cmt Pel
   c) Dúvidas
   d) Acertem seus relógios: são horas: _____.

(Classificação sigilosa)

EM/Sec Eng - Unidade
Local
Data-hora

**b. Memento de estudo de situação de engenharia (como oficial do estado-maior - 1ª fase)**

(Classificação sigilosa)

- ESTUDO DE SITUAÇÃO DE ENGENHARIA

Referências: (Cartas, calcos e outros documentos necessários à compreensão do estudo)

1. MISSÃO

**a.** Enunciado da missão recebida ou prevista para o conjunto de unidade apoiada ou da GU a que pertence. Ações intermediárias, prescritas ou deduzidas, necessárias para o cumprimento da missão.

**b.** Missão da engenharia de escalão, incluindo as imposições recebidas do escalão superior.

2. SITUAÇÃO E LINHAS DE AÇÃO

**a. Considerações afetam as possíveis linhas de ação**

(1) Características da região de operações.

(a) condições meterológicas

- Situação existente - condições meterológicas que possam influir na missão do elemento apoiado ou da própria engenharia.

(Classificação sigilosa)

(Classificação sigilosa)

- Efeitos sobre operações do inimigo, inclusive de sua engenharia, particularmente nas condições de seu emprego.

- Efeitos sobre o emprego das armas nucleares e DQBN - particularmente no caso de emprego de armas pré-colocadas.

(b) Situação do Terreno:

- vias de transporte;
- obstáculos (naturais e artificiais);
- pontos críticos;
- obras e outras instalações;
- observação;
- cobertas e abrigos;
- solo e subsolo;
- recursos locais, nos aspectos que possam interessar às operações do elemento apoiado ou da engenharia, particularmente no que se refere às necessidades em trabalhos.
- efeitos sobre as operações do inimigo - como nas condições meterológicas.
- efeitos sobre nossas operações - efeitos dos diversos aspectos do terreno sobre as operações do elemento apoiado, particularmente no que ser refere às possibilidades de deslocamento e ao valor e influência dos obstáculos e pontos críticos. Determinar as influências no emprego da engenharia e as necessidades em meios.
- efeitos sobre o emprego de armas nucleares e QBN - como nas condições meterológicas.

(2) Situação do inimigo

Aspectos de sua composição, valor, dispositivo, atividades importantes, logística, peculiaridades e deficiências que possam influir na missão do elemento apoiado e de sua engenharia.

(3) Nossa situação

Aspectos de efetivos e composição de meios do elemento apoiado; disponibilidade da engenharia em pessoal e material; dispositivos; apoio administrativos; moral; instrução; apoios prestados pelos escalões superiores de engenharia; unidades visinhas e interportas ou outras que possam afetar o emprego dos meios de engenharia; prazos; restrições no emprego de meios, etc., que possam influir na missão do elemento apoiado e da engenharia.

(Classificação sigilosa)

(Classificação sigilosa)

**b. Possibilidades do Inimigo**

Enunciar as possibilidades estabelecidas pelo E2, completando-as com referências e obstáculos e destruições que possam ser realizados pelo inimigo, prazos admissíveis de intervenção e outras influências que o inimigo possa exercer na missão do elemento apoiado e da engenharia. Quando for o caso, concluir pelos trabalhos de engenharia a realizar em decorrência dessas possibilidades.

**c. Nossas linhas de ação**

Enunciar as linhas de ação estabelecidas pelo E3, concluindo, para cada uma, sobre as necessidades de engenharia, em todos os seus aspectos, isto é, administrativos, de informações e táticos, bem como quando a prazos, prioridades e restrições. O estudo deverá incidir, pelo menos, nos aspectos que diferenciam as linhas de ação, a fim de permitir um estudo comparativo posterior.

**ES do Cmt Eng:** Levantar as necessidades de apoio (REPOIA) decorrentes de cada um dos itens analisados.
Especial atenção para o item TERRENO

3. ANÁLISE DAS LINHAS DE AÇÃO OPOSTAS

Reação ou o efeito provável das possibilidades do inimigo e de outros fatores adversos ligados às condições meterológicas e ao terreno que se tenham revelado capazes de afetar as linhas de ação.

4. COMPARAÇÃO DAS NOSSAS LINHAS DE AÇÃO

Comparar as nossas linhas de ação, determinando as vantagens e desvantagens de cada uma à luz dos fatores que tenham-se mostrado como preponderantes.

5. CONCLUSÃO

**a.** Indicar se a missão enunciada no parágrafo 1 pode ser cumprida.

**b.** Indicar a(s) linha(s) de ação que pode(m) contar com o melhor apoio de engenharia.

**c.** Indicar os incovenientes apresentados pelas linhas de ação não relacionadas no subparágrafo **b.**

(Classificação sigilosa)

(Classificação sigilosa)

**d.** Relacionar os principais problemas e restrições que devem ser levados ao conhecimento do comandante. Apresentar propostas específicas para a solução de tais problemas.

a) _____
Oficial Eng

Anexos:

(Classificação sigilosa)

**c. Memento de estudo de situação de engenharia (como comandante de tropa - 2ª fase).**

(Classificação sigilosa)

Unidade

Local

Data-hora

ESTUDO DE SITUAÇÃO DE ENGENHARIA

- Referências: (Cartas, calcos e outros documentos necessários à compreensão do estudo)

1. MISSÃO

**a.** Manobra de unidade apoiada.

**b.** Missão da engenharia do escalão considerado, incluindo as imposições recebidas do escalão superior.

2. SITUAÇÃO E LINHAS DE AÇÃO

**a. Considerações que afetam a missão de engenharia**

(1) Abrir um item para cada fator que possa afetar o cumprimento da missão de engenharia, estudando sua influência no cumprimento dessa missão, no seu emprego e na execução dos trabalhos. Dentre esses fatores poderão ser destacados:

(a) prazos e prioridades;
(b) condições meterológicas;
(c) terreno:
- vias de transporte;
- obstáculos naturais e artificiais;
- pontos críticos;
- obras e outras instalações;

(Classificação sigilosa)

(Classificação sigilosa)

- observação;
- cobertas e abrigos;
- solos e subsolo;
- recursos locais;

(d) situação e possibilidades do inimigo;

(e) imposições do apoio administrativo;

(f) imposições e restrições do escalão superior de engenharia do comando apoiado.

(2) Concluir, relacionando as necessidades totais em apoio a trabalhos e os aspectos primordiais do emprego da engenharia que as diferentes linhas de ação a serem estabelecidas deverão atender.

**b. Disponibilidades da engenharia**

Considerar os meios orgânicos, em reforço e em apoio, os recursos locais, o apoio administrativo, a localização presente e os prazos disponíveis, determinando as restrições que os mesmos poderão acarretar no cumprimento da missão ou no emprego da missão ou no emprego da engenharia.

**c. Nossas linhas de ação**

Enunciar todas as linhas de ação viáveis para o cumprimento da missão de engenharia. Essas linhas de ação resultam, particularmente, do confronto das necessidades e das disponibilidades, levando-se também em conta outras conclusões gerais relacionadas nos dois subparágrafos precedentes.

3. ANÁLISE DAS LINHAS DE AÇÃO

Analisar cada linha de ação, determinando suas vantagens e desvantagens. Nessa análise não deverão ser considerados os fatores que não influam ou que influam igualmente ou de forma pouco sensível.

4. COMPARAÇÃO DE LINHAS DE AÇÃO

Face à análise realizada, selecionar os fatores que influindo predominantemente na decisão a ser tomada. Em relação a cada um desses fatores comparar as vantagens e desvantagens de cada linha de ação, concluindo pela mais favorável, segundo o fator considerado.

(Classificação sigilosa)

(Classificação sigilosa)

5. CONCLUSÃO

Definir a linha de ação mais favorável ao cumprimento da missão, indicando o desdobramento dos meios de engenharia, as medidas de coordenação e as prescrições diversas, inclusive do apoio administrativo, que se fizerem necessários ao cumprimento da missão recebida.

a)_____
Cmt

Anexos:

(Classificação sigilosa)

**d. Modelo de subparágrafo de Eng de O Op da DE (8º DE/81º BE Cmb)**

**h. Engenharia**

1) 1º / 1ª Cia E Cmb
- Ap Dto ao 8º RC Mec

2) 8º BE Cmb (-)

a) Ap Spt Epcf

(1) Repara a Pnt sobre o Rio VERDE (037-833), na Z Aç da 17ª Bda Inf Mtz, com o valor de 1 pel E Cmb.

(2) Ap o Dbc do Atq da 16ª Bda Inf Mtz com o valor de 1 Pel E Cmb.

b) Ap Cj, devendo:

(1) Construir, para a AD/8, uma pista ligando Faz AZUL (036-832) a P Cot 632 (036-831) na Z Aç da 16ª Bda Inf Mtz.

(2) Manter ECD tráfego a rede mínima de estradas necessárias à manobra da 8ª DE.

(3) Ficar ECD:

(a) Ap e Res quando empregada.

(b) Aumentar o Ap Eng dos elementos de 1º escalão.

**e. Modelo de parágrafo 3 da O Op de BEE (81º BE)**

3. EXECUÇÃO

**a.Conceito da operação**

O 8º BE Cmb apoiará a manobra ofensiva da 8ª DE realizando trabalhos de Eng em Ap Cj e Ap Spl Epcf. Empregará 1 Pel E Cmb em Ap Dto ao 8º RC Mec.

**b. 1ª Cia E Cmb (- 1º Pel E Cmb)**

1) Reparar a Pnt sobre Rio VERDE (037-833), na ZAç da 17ª Bda Inf Mtz como o valor de 1 Pel E Cmb (Ap Spl Epcf).

2) Manter ECD tráfego a Rv 32, de ANTAS (037-832) a CRUZ (036-835).

3) Ficar ECD:

a) Ap a Res quando empregada.

b) Aumentar o Ap Eng dos Elm 1º escalão.

**c. 2ª Cia E Cmb (+ 1º/3ª Cia E Cmb + Pel Pnt)**

Recebe uma carregadeira de rodas e uma Mn do Pel Eqp E.

1) Construir, para AD/8, uma pista ligando Faz AZUL (036-832) e P Cot 632 (036-831), na Z Aç da 16ª Bda Inf Mtz.

2) Manter ECD tráfego a Rv 32 de CRUZ ( 036-834) e LAPA (035-835).

**d. 3ª Cia E Cmb (- 1º Pel E Cmb)**

Recebe uma carregadeira de rodas e uma Mn do Pel Eqp E.

1) Ap o Dpc do Atq da 16ª Bda Inf Mtz, com o valor de 1 Pel E Cmb (Ap Spl Epcf).

2) Manter ECD tráfego a Rv 32 de LAPA (036-835) e CEDRO (034-836)

3) Ficar ECD:

a) Ap a Res quando empregada.

b) Aumentar o Ap Eng dos Elm 1º escalão.

**e. 1º/1ª Cia E Cmb**

Ap Dto ao 8º RC Mec.

**f. Pel Eqp E**

1) Ap a 2ª Cia E Cmb (+) e a 3ª Cia E Cmb (-) com uma carregadeira de rodas e uma Mn para cada Cia.

2) Instalar e operar um P Sup Água na R de LAPA (035-835) e outro na R de ANTAS (037-832).

**g. Reserva**

Cia E Pnt (- Pel Pnt).

**h. Prescrições Diversas**

1) Dispositivo pronto em 030600 Abr 78.

2) EEI.

## ARTIGO III

## BARREIRAS

15-6. PLANO DE BARREIRAS

**a.** Traçado da barreira e método de identificação de obstáculos artificiais

(1) O traçado da barreira é uma linha feita em uma carta, calco ou esboço, que assinala a localização geral para a construção de barreiras. Normalmente, o traçado da barreira é parte integrante do plano de barreira. Um sistema uniforme, para representar o traçado, auxilia na atribuição de responsabilidade pela construção e na designação e representação de obstáculos específicos no traçado.

(2) Devem ser obedecidas as normas e orientações para designação, com letras e pontos de identificação do traçado e dos obstáculos:

(a) Utilizar letras maiúsculas (A,B,C,D,...Z); (A1,B1,C1,...Z1); (A2,B2,C2,...Z2), nessa ordem.

(b) Identificar da esquerda para a direita e da frente para a retaguarda. Colocar as letras nas intercessões dos limites entre unidades e grandes unidades, (Fig 15-10)

(c) O número de cada obstáculo é um conjunto de 3 ou 4 algarismos que o comandante tático designa para seus elementos de comando subordinado, por exemplo: (Tab 15-15) e (Fig 15-12)

| Designação do Comando | Indicador de Escalão | Designação Numérica dos Obstáculos |
|---|---|---|
| V | xxxx | 025 |
| 8 | xx | 0021 |
| 57 | x | 1040 |
| O 3º exemplo representa o obstáculo Nr 40 da 57ª Bda | | |

Tab 15-15. Identificação dos obstáculos artificiais

| | | |
|---|---|---|
| Ordem de Prioridade | 1 | Destruições de pontes sobre curso de água obstáculos e destruições dos pontos críticos de passagem |
| | 2 | Lançamento de campos de minas e áreas minadas |
| | 3 | Agravamento de obstáculos naturais com emprego de arame farpado, minas e fossos AC |
| | 4 | Construção de redes de arame / campo de estacas |

Tab 15-16. Escolha dos obstáculos para o sistema de barreiras

| Classificação da posição | Prazo de preparação |
|---|---|
| Resistências descontínuas | Até uma jornada |
| Posição sumariamente organizada | De uma a quatro jornadas |
| Posição organizada | De cinco a quinze jornadas |
| Posição fortificada | Acima de quinze jornadas |
| **Observação** - A jornada completa corresponde a 10 horas de trabalho | |

Tab 15-17. Prazo para construção do S Bar

### b. Responsabilidade do E M com o plano e sistema de barreira (S Bar)

| MEMBRO / EM | RESPONSABILIDADE / ATIVIDADE |
|---|---|
| Oficial de Engenharia | Assessorar o E3 no estabelecimento do traçado geral do P Bar<br>Elaborar o P Bar (anexo a O Op)<br>Elaborar o estudo do terreno |
| E2 | Determinar as influências das condições meteorológicas e do terreno nas nossas operações do inimigo<br>Estabelecer as medidas de contra-informações e de segurança aplicáveis ao plano de barreiras |
| E3 | Planejar o emprego tático das forças<br>Coordenar o P Bar com a manobra<br>Coordenar o P Bar com o apoio de fogo<br>Submeter o plano de barreiras à apreciação do Cmt tático |
| E4 | Coordenar o apoio administrativo para a obtenção e distribuição dos materiais a serem usados no sistema de barreiras |
| E5 | Coordenar as atividades referente ao emprego da mão-de-obra civil, contratação, organização e distribuição de recursos locais e de propriedade dos civis |
| Oficial de DQBN | Planejar e propor o emprego de agentes químicos, incendiários e fumígenos no sistema de barreiras |
| Oficiais de material bélico e de transporte | Planejar, coordenar e fiscalizar a execução dos assuntos e problemas afetos a seu setor (suprimento de minas, munições e transporte dos meios) |

Tab 15-18. Responsabilidade do EM

### c. Principais documentos componentes do plano de barreiras

(1) Calco de operações do Ex Cmp, da DE e da Bda; Fig 15-10
(2) Calco da localização geral das barreiras; Fig 15-11;
(3) Calco de obstáculos ou calco de localização de obstáculos; Fig 15-12;
(4) Plano de destruições;
(5) Calco de localização dos campos de minas.

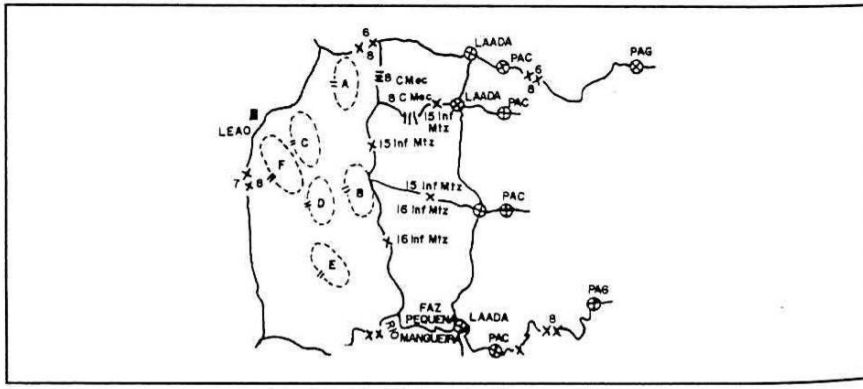



Fig 15-10. Calco de Operações

### d. Trabalhos na P Def

| CLASSIFICAÇÃO DAS Bar E DISPOSITIVO PRONTO | SITUAÇÃO DA TROPA (INIMIGA) | TRABALHOS NA DEFESA EM POSIÇÃO |
|---|---|---|
| Barreira de Cobertura avançada | Quando o inimigo abordar PAG | - |
| Barreiras de cobertura imediata / flanco | Quando o inimigo abordar o LAADA | Trabalhos de Retardamento à frente do PDef e a organização da área de defesa avançada ** |
| Barreiras de interior (área de reserva e barreiras de interior) | Quando o inimigo Atq a Posição | Área de defesa avançada deverá estar com trabalhos concluídos. |
| | Após o inimigo Atq a Posição | Continuar os trabalhos das barreiras de interior. |
| | Conduta do contra-ataque | Apoio às ações dinâmicas da defesa*, trabalhos de estrada e de fortificações na medida do possível. |
| | Situações Críticas | Com abertura e fechamento das passagens nos obstáculos.<br><br>Combate como infantaria, ocupando núcleos de defesa, reconhecimentos especializados; tratamento e suprimento de água. |
| **OBSERVAÇÕES**<br>** As barreiras de cobertura avançada deverão estar concluídas. O comandante tático poderá determinar os prazos de conclusão dos trabalhos de outra maneira. | | |

Tab 15-19. Oportunidade para realização de trabalhos na P Def

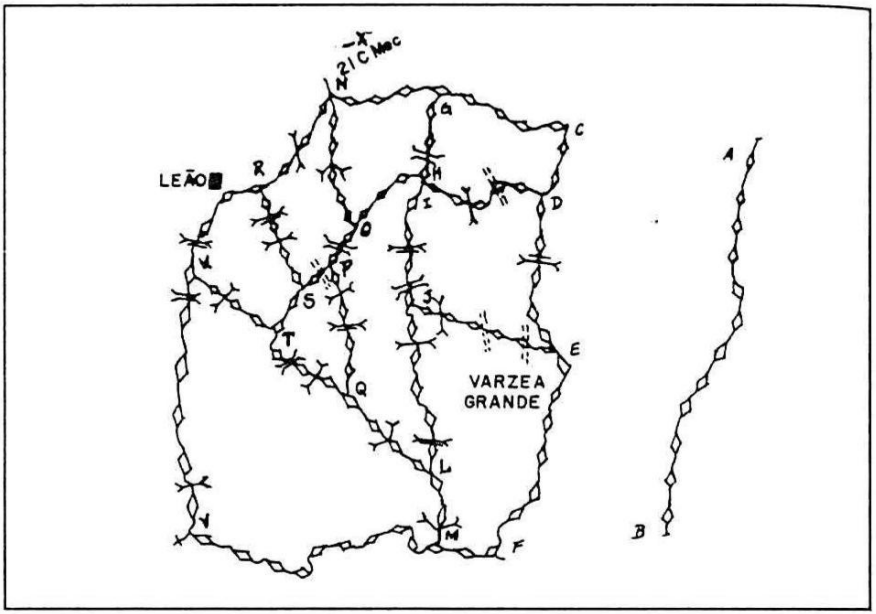



Fig 15-11. Calco de localização geral das barreiras

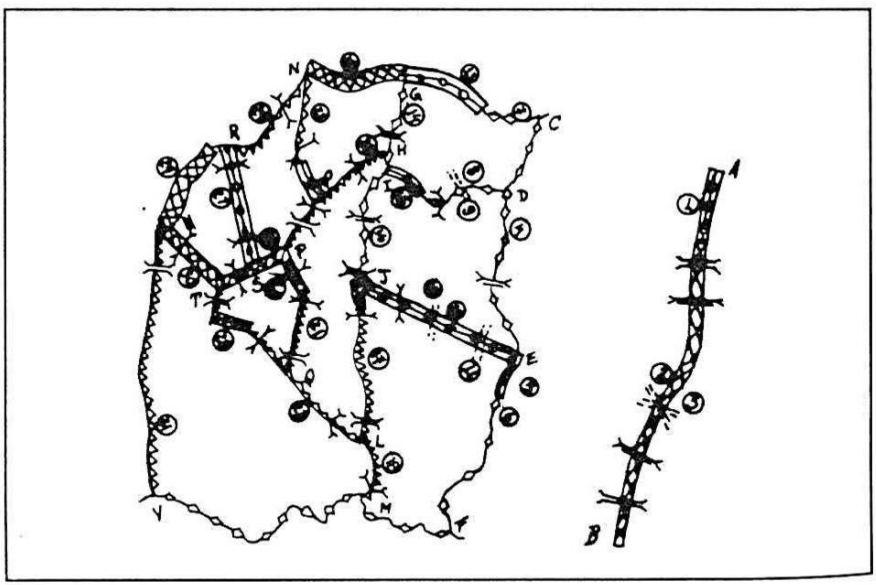


Fig 15-12. Calco de obstáculos

## 15-7. EXEMPLO DE PLANO DE BARREIRAS (EXTRATO)

(Classificação sigilosa)

EXEMPLAR Nr 01
60ª Bda Inf Mtz
Faz RINCÃO
171100 Set 94
FC 12

ANEXO C (P BAR) À O Op Nr 10 (EXTRATO)

**Rfr: Crt ..... Esc: ..... Fl: .....**

1. SITUAÇÃO

**a. Forças inimigas**

- Anexo B (info) à OOP Nr 10

**b. Forças amigas**

- O Op Nr 10

**c. Meios recebidos e retirados**

- O Op Nr 10

2. MISSÃO

---

3. EXECUÇÃO

**a. Conceito da operação**

1. A 60ª Bda Inf Mtz empregará barreiras em sua Z Aç, com prioridade para as principais vias de acesso. Deverá ser feito o máximo emprego de obstáculos naturais e de recursos locais disponíveis.

2. O apêndice Nr 1, traçado do sistema de barreiras, indica o traçado geral das barreiras necessárias à 60ª Bda Inf Mtz. No mínimo, as estradas e outras vias de acesso de importância deverão ser bloqueadas em profundidade.

3. A não ser que haja especificação diferente, as barreiras da

(Classificação sigilosa)

(Classificação sigilosa)

brigada serão construídas na ordem geral de prioridade, como se segue:

- barreira de cobertura avançada e imediata;
- barreira do flanco sul;
- barreira do flanco norte;
- barreiras interiores e barreira de retaguarda.

**b. 601º BIMtz**

| Bar | Prio | Obstáculos | Prazos | Obs |
|---|---|---|---|---|
| AB | 1 | Arr GRANDE - não há previsão de obstáculos artificiais | 181200 Set | - |
| AD | 2 | Arr MATA - não há previsão de Obt artificiais.<br>1006 - Agravamento do curso de água | 191800 Set<br>181800 Set | -<br>1200 m |
| DE | 3 | 1007 - C Mna<br>1008 - Concertina | 191800 Set<br>191200 Set | 600 m<br>- |
| ... | ... | ..... | .... | ... |

**c. 602º BIMtz**

| Bar | Prio | Obstáculos | Prazos | Obs |
|---|---|---|---|---|
| BC | 1 | 1001 - Destruição de ponte<br>1002 - Destruição de ponte<br>1003 - Área minada<br>1004 - C Mna | 181200 Set<br>181200 Set<br>181200 Set<br>181500 Set | - Coordenar com a 60ª Cia E Cmb a execução dos Obt 1001 e 1002<br>- 800 m |
| BE | 2 | 1005 - Concertina<br>1010 - C Mna<br>1011 - Agravamento de curso de água | 181800 Set<br>181800 Set<br>191200 Set | -<br>- 500 m<br>- 600 m |
| FG | 2 | ..... | .... | ... |
| ... | ... | ..... | .... | ... |

**d. 603º BIMtz**

.....

**e.** .....

(Classificação sigilosa)

(Classificação sigilosa)

**f. 60ª Cia E Cmb**

| Bar | Prio | Obstáculos | Prazos | Obs |
|---|---|---|---|---|
| BC | 1 | 1001 - Destruição de ponte<br>1002 - Destruição de ponte | 181200 Set | Coordenar com o 602º BIMtz |
| DH | 2 | 1013 - Área minada | 191800 Set | ... |
| ... | ... | ..... | .... | ... |

**g. Prescrições diversas**

1) Localizar as barreiras de modo a causar o máximo retardamento ao inimigo e a mínima interferência na execução das operações táticas, inclusive para as forças de cobertura e de retraimento.

2) Proporcionar passagens suficientes nas barreiras inferiores, de modo que a reserva possa se movimentar livremente no interior da posição defensiva.

3) Destruição das pontes e destruições em estradas, mediante autorização.

4) Fechamento de passagem nas Bar do LAADA, Mdt O.

5) Coordenar a localização das barreiras ao longo dos limites inclusive passagens e brechas, com as organizações vizinhas e reservas.

6) Não é autorizado o emprego de campos de minas de inquetação.

7) Além das destruições específicas, podem ser planejadas as de instalações de transportes, minas, fábricas, construções e serviços públicos essenciais. Execução, Mdt O.

8) Esse plano não deve ser distribuído abaixo deste PC. Extratos apropriados devem ser fornecidos aos elementos interessados.

9) Relatórios e registros

a) Demolições nucleares - Apresentar relatórios sobre a localização, tipo, estimativa de tempo de conclusão e execução.

b) Contaminantes químicos - Apresentar relatório sobre a localização planejada, extensão, tipo e densidade, estimativa de tempo de conclusão e o retardamento que se estima ser cumprido.

c) Campos de minas - Apresentar pelo meio mais rápido, relatórios, sobre o planejamento de construção, inicial ou complementar.

(Classificação sigilosa)

(Classificação sigilosa)

4. ADMINISTRAÇÃO

**a**. O Ap Adm Nr 10 (omitida)

**b**. Não é permitida a utilização de MO civil

5. LIGAÇÕES E COMUNICAÇÕES

.....

Acuse estar ciente

(a)_____

Comandante 60ª Bda Inf Mtz

Apêndices:

Nr 1 - Traçado S Bar
Nr 2 - Calco de localização de Obt
Nr 3 - P Dest (omitido)
Nr 4 - Demolições nucleares (omitido)
Nr 5 - Contaminantes químicos (omitido)
Nr 6 - Localizaçào dos C Mna (omitido)

Distribuição: .....

Confere:_____

E3/60ª Bda Inf Mtz

(Classificação sigilosa)

## 15-8. ANEXO DE BARREIRAS À O Op DE DIVISÃO E SEUS APÊNDICES

(Classificação sigilosa)

EXEMPLAR Nr 2 de ..... cópias
8ª DE
VÁRZEA GRANDE
D-1/1000
CY4

**ANEXO C (PLANO DE BARREIRAS) À O Op Nr 36**
**Rfr: Crt VÁRZEA GRANDE - 1:50.000**

1. SITUAÇÃO

**a. Forças Inimigas**
ANEXO A (Info) à O Op Nr 36.

**b. Forças Amigas**
1) O Op Nr 36
2) A EEx estabelecerá um LAT, a partir de D+1/0600, na linha balizada por Arroio VERDE - Fazenda REDENÇÃO - Córrego da MORTE, inclusive, ficando responsável pelos seguintes obstáculos:

| 2Bar | Prio | Obstáculos | Prazos | Observações |
|---|---|---|---|---|
| GH | 1 | 050 - Agrv de C de água | D + 3. 1800 | 2 margens |
| HI | | 051 - Agrv de C de água | | |
| IJ | | 052 - Agrv de C de água | | |
| GN | 2 | 053 - Rede alta | D + 4. 1800 | |
| HO | 3 | 054 - Agrv de C de água | | |
| NO | 2 | 055 - Agrv de C de água | D + 4. 1800 | |
| | | 056 - Campo de Minas | | 1 - 2 - 3 |
| OP | | 057 - Agrv de C de água | | |
| | | 058 - Prep Dest Pnt | | |
| R | 3 | 059 - Agrv de C de agua | | |
| RS | | 060 - Campo de minas | | 1 - 2 - 3 |
| RV | | 061 - Agrv de C de água | | |
| | | 062 - Rede Alta | | |
| TV | 4 | 063 - Rede Alta | | |
| TU | 2 | 064 - Agrv de C de água | | |
| VX | 3 | 065 - Agrv de C de água | | |

(Classificação sigilosa)

(Classificação sigilosa)

**c. Meios recebidos e retirados**

Composição de meios

2. MISSÃO

Executar as barreiras impostas pelo I Ex Cmp em sua Z Aç, e o sistema de Barreiras da Divisão, de modo a retardar, ao máximo, a progressão do inimigo até o LAADA e impedir ou canalizar o seu movimento no interior da P Def.

3. EXECUÇÃO

**a. Conceito da Operação**

1) A 8ª DE instalará barreiras aproveitando ao máximo os obstáculos naturais e os materiais locais disponíveis.

2) Estabelecerá barreiras de cobertura avançada no PAG, a cargo da 30ª Bda Inf Bld.

3) Estabelecerá barreiras de cobertura imediata ao longo do Rio PORUNGABA.

4) Estabelecerá barreiras nos flancos e entre seus elementos de manobra que mobiliam a ADA.

5) Estabelecerá barreiras na retaguarda dos elementos do 1º escalão.

6) Estabelecerá barreiras entre os núcleos de aprofundamento e na retaguarda da P Def.

7) Os obstáculos da Z Obt ficarão a cargo da 30ª Bda Inf Bld.

8) Apêndice 1: Localização das Barreiras

**b. 15ª Bda Inf Mtz**

| Bar | Prio | Obstáculos | Prazos | Observação |
|---|---|---|---|---|
| DE | 1 | 1001 - Agrv de C de água | D + 3 / 1800 | 2 margens |
| DI | 2 | 1002 - Agrv de C de água | | |
| | | 1003 - Agrv de C de água | | |
| | | 1004 - Campo de Minas | | 1 - 4 - 8 |

**c. 16ª Bda Inf Mtz**

(Classificação sigilosa)

(Classificação sigilosa)

**d. 30ª Bda Inf Bld**

| Bar | Prio | Obstáculos | Prazos | Observação |
|---|---|---|---|---|
| EJ | 2 | 2001 - Campo de Minas | D + 3/ 1800 | 1 - 4 - 8 |

1) Após o seu acolhimento no LAADA

2) Executar os obstáculos da Z Obt, com prioridade para a destruição de pontos críticos na Rv-2.

| Bar | Prio | Obstáculos | Prazos | Observação |
|---|---|---|---|---|
| PQ | 3 | 3001 - Rede Alta | D + 4/ 1800 | |
| | 2 | 3002 - Agrv de C de água | | |
| PS | 3 | 3003 - Rede Alta | | |
| ST | | 3004 - Rede Alta | | |

**e. 8º R C Mec**

| Bar | Prio | Obstáculos | Prazos | Observação |
|---|---|---|---|---|
| CG | 2 | 0501 - Agrv de C de água | D + 3/ 1800 | 2 margens |
| | | 0502 - Campo de minas | | 1 - 2 - 3 |

**f. ED/8**

**g. Prescrições diversas**

| Bar | Prio | Obstáculos | Prazos | Observação |
|---|---|---|---|---|
| EF | 1 | 0001 - Campo de minas | D + 3/ 1800 | 1 - 4 - 8 |
| | | 0002 - Agrv de C de água | | 2 margens |
| DI | | 0003 - Prep Dest Pnt | | |
| EJ | | 0004 - Prep Dest Pnt | | |
| | | 0005 - Prep Dest Pnt | | |
| JL | 2 | 0006 - Campo de minas | | 1 - 4 - 8 |
| | | 0007 - Agrv de C de água | | |
| LM | | 0008 - Agrv de C de água | | |
| LQ | 3 | 0009 - Agrv de C de água | | |
| QU | | 0010 - Agrv de C de água | | |
| | | 0011 - Campo de minas | | 1 - 2 - 3 |

(Classificação sigilosa)

(Classificação sigilosa)

1) As destruições, incluindo pontes e crateras em estradas, na Rg do LAADA, serão executadas mediante ordem da DE. Após o acolhimento por ordem das Bda.

2) Proibido o emprego de minas esparsas e campos de minas de inquietação no interior da posição.

3) Permitido o emprego de minas esparsas e campos de minas de inquietação a frente da LAADA, em coordenação com a 30ª Bda Inf Bld.

4) Brechas nos campos de minas devem permanecer abertas até que seja ordenado o fechamento pelo PC da DE ou ante a ameaça da captura pelo inimigo.

5) Os planos de barreiras das brigadas devem ser remetidos ao PC da DE até D+1/1200.

6) No caso do Ini não concretizar suas possibilidades, as barreiras deverão ter seus valores aumentados, com prioridade para a barreira de cobertura imediata.

7) A numeração dos obstáculos artificiais obedecem a sequência abaixo:

- 15ª Bda Inf Mtz - de 1001 a 1999
- 16ª Bda Inf Mtz - de 2001 a 2999
- 30ª Bda Inf Mtz - de 3001 a 3999
- ED8 - de 0001 a 0500
- 8º R C Mec - de 0501 a 0999

4. ADMINISTRAÇÃO

---

5. COMUNICAÇÕES E ELETRÔNICA

---

Acuse estar ciente

Cmt 8ª DE

Apêndices:
1- Localização geral das Bar
2- Localização dos obstáculos
3- Plano de destruições
4- Relação de material (omitida)

Distribuição: Lista P

E3

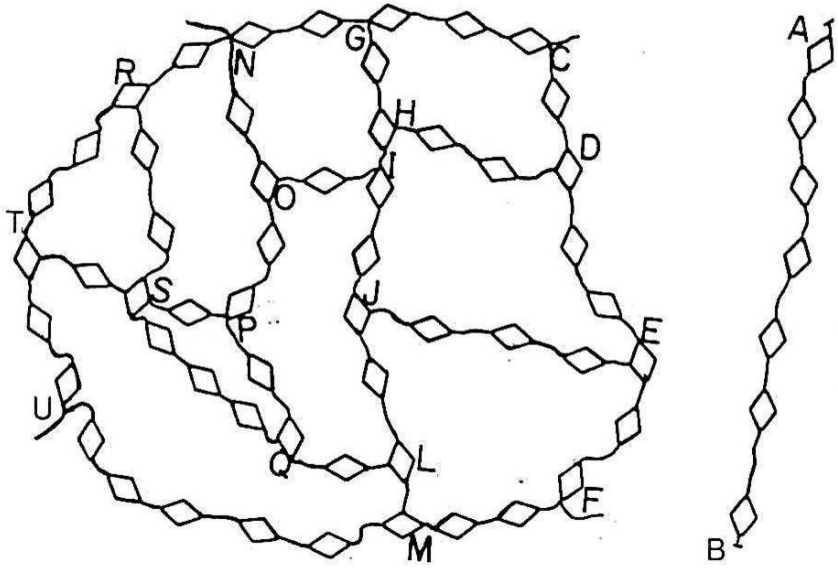
(Classificação sigilosa)

(Classificação sigilosa)

APÊNDICE 1 (Loc GERAL DAS Bar) do ANEXO C "(PLANO DE Bar) à O Op Nr 36

Rfr: Crt Várzea Grande - 1:50.000

EXEMPLAR Nr 4
8ª DE
VÁRZEA GRANDE
D - 1/1800
CY 4



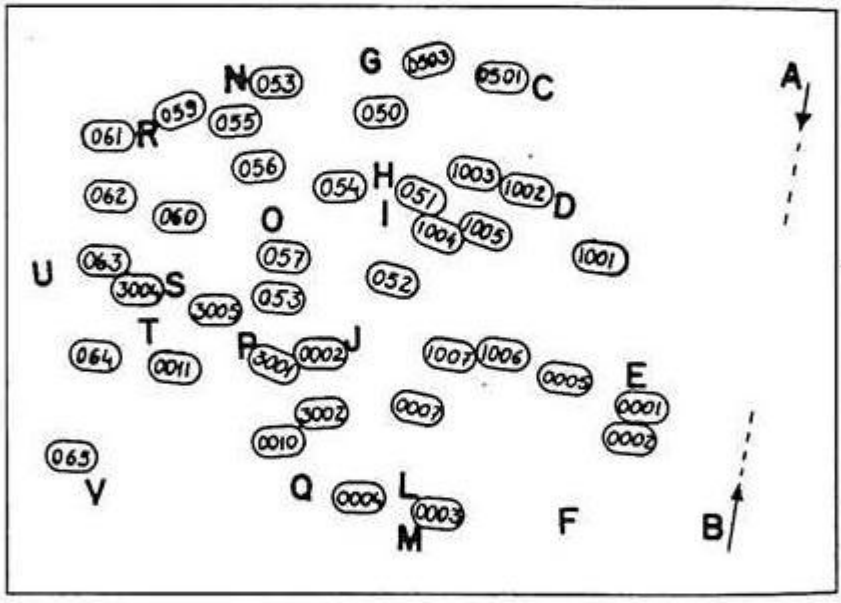

(Classificação sigilosa)

(Classificação sigilosa)

EXEMPLAR Nr ...
15ª DE FORTALEZA
261000 Mai
CH 1

APÊNDICE Nr 2 (LOCALIZAÇÃO DE OBSTÁCULOS) AO An C
(P Bar) À O Op Nr 5

Rfr: Crt ..... Esc ..... Fl .....




Acuse estar ciente

(a)_____
Cmt 15ª DE

Distribuição: .....

Confere:_____
E3/15ª DE

(Classificação sigilosa)

## 15-9. PLANO DE DESTRUIÇÃO

### a. Ordem de destruição

A ordem de destruição poderá ser um documento escrito à mão ou impresso.

### b. Classificação dos acionamentos nas destruições

1) Imediato
2) Mediante ordem
3) À hora
4) Na iminência da posse inimiga

### c. Classificação dos pontos críticos

| | |
|---|---|
| Prescindível | Ponto cuja manutenção não é necessária à operação, podendo ser destruído desde o mais cedo possível. |
| Necessário | Ponto crítico a ser utilizado durante as operações e deve ser destruído o mais tarde possível. |
| Vital | Ponto crítico que deve ser destruído no último momento possível. Normalmente após as últimas tropas amigas terem sido acolhidas na posição. |

EXEMPLO DE PLANO DE DESTRUIÇÕES

(Classificação sigilosa)

EXEMPLAR Nr 01
6ª DE FRANCA
041700 Mai
LM 5
APÊNDICE Nr 3 (PLANO DE DESTRUIÇÕES) AO An C
(PLANO DE BARREIRAS) À O Op Nr 9
Rfr: Crt SP,1:100.000, F1 FRANCA

1. SITUAÇÃO

**a. Forças inimigas**
- Anexo A (Info) à O Op Nr 9

**b. Forças amigas**
- O Op Nr 9

(Classificação sigilosa)

(Classificação sigilosa)

2. MISSÃO

A 6ª DE preparará e executará destruições em sua Z Aç, visando a retardar, impedir ou canalizar o movimento do inimigo.

3. EXECUÇÃO

**a. Destruição de pontos críticos prescindíveis**

| Designação | Nome de código | Hora de destruição | Comandante responsável | Observações |
|---|---|---|---|---|
| 1 | LIMÃO | 021830 Mai | Cmt ED/16 | O Cmt da ED/16 deve remeter ao Cmt da DE, até 022000 Mai, um relatório sobre o resultado das Dest realizadas. |
| 2 | PERA | 021830 Mai | Cmt ED/16 | |
| 3 | MAÇÃ | 021830 Mai | Cmt ED/16 | |
| ... | ... | .... | .... | |

**b. Destruição de pontos críticos necessários**

| Designação | Nome de código | Ordem p/ acionamento | | Dst Dest | Dst Seg | | Observações |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ameaça de captura pelo inimigo | Após o Aclh | | Unidade | Valor mínimo | |
| 5 | FACA | Cmt 16ª DE | Cmt 16ª DE | 61ª CiaECmb | 61ª Bda Inf Mtz | 1 Cia Fzo | Um Adj do E3/16ª DE deve estar no local a partir de 14 0700 Mai |
| 7 | COLHER | Cmt 16ª DE | Cmt 16ª DE | 62ª CiaECmb | 62ª Bda Inf Mtz | 1 Cia Fzo | Um Adj do E3/16ª DE deve estar no local a partir de 08 1700 Mai |
| 8 | GARFO | Cmt Dst Seg | Cmt 16º REC Mec | 161º BECmb | 62ª Bda Inf Mtz | 1 Pel Fzo | Acionamento após o Aclh dos PAG (FT 16º RCMec). Relatório ao PC, após destruição. |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ..... |

**c. A execução das destruições e outras instalações de transporte à retaguarda do LAADA, somente mediante ordem do Cmt/6ª DE.**

4. ADMINISTRAÇÃO

**a. Material para destruição disponível no P Sup 162 (30-21).**

**b. Não é autorizado o emprego de mão-de-obra civil.**

(Classificação sigilosa)

(Classificação sigilosa)

5. COMUNICAÇÕES E ELETRÔNICA

**a.** Anexo G (Comunicações) à O Op Nr 9.

**b.** Relatar a localização, o tipo e o tempo de conclusão e execução das destruições.

**c. Anexo H (Eletrônica) à O Op Nr 9.**

Acuse estar ciente

(a)_____
Cmt 6ª DE

Distribuição:

Confere:_____
E3/6ª DE

(Classificação sigilosa)

15-10. MEMENTO PARA ORDEM DE DESTRUIÇÃO

(Classificação sigilosa)

EXEMPLAR Nr
61ª Cia E Cmb
RIBEIRÃO
201000Jun
FI 3

**Rfr: Crt RESENDE-RJ Esc 1:25.000**
**ORDEM DE DESTRUIÇÃO**

Nº_____
Cópia Nr_____
DO:_____ AO:_____

1ª PARTE

1. DETALHES DO OBJETIVO

**a.** Descrição:_____
**b.** Localização:_____
**c.** Carta referência:_____
**d.** Nome Código da Operação:_____
**e.** Instrução Técnica a seguir:_____

2. UNIDADES DE EXECUÇÃO
**a.** Turna de Segurança:_____
**b.** Turma de Destruição:_____

3. ORDEM DE DESTRUIÇÃO P/ TURMA DE DESTRUIÇÃO
**a.** A destruição do alvo deverá estar preparada/pronta até _____
**b.**_____
**c.**_____

4. ORDEM PARA TURMA DE SEGURANÇA
**a.** Informar a aproximação de estranhos e fazê-los prisioneiros.
**b.**_____

(Classificação sigilosa)

(Classificação sigilosa)

5. ACIONAR A DESTRUIÇÃO

**a. imediato**

**b. Mediante a ordem - código pelo rádio/telefone/mensageiro**

**c. Na iminência de cair em mãos inimigas**

6. ORDEM DE EMERGÊNCIA

**a. Você não acionará em caso de emergência exceto se receber ordem em contrário.**

**b. Você acionará em casos de emergência (Atq Ini)**

7. A CONFIRMAÇÃO DA DESTRUIÇÃO SERÁ

**a. Via Rádio/telefone/mensageiro**

**b. Do Cmt do Destacamento de Segurança**

**c.** _____

8. NOMES CÓDIGOS

| ATIVIDADE | NOME CÓDIGO |
|---|---|
| a. "Utilizar alternativa (2) | |
| b. "Retornar de (2) para (1) | _____ |
| c. "Acionar agora" | _____ |
| d. "Cancelar destruição" | _____ |
| e. "Mudar de 3a para 3b" | _____ |
| f. "Mudar de 3b para 3a" | _____ |
| g. "Mudar de 5a para 5b" | _____ |
| h. "Mudar de 5b para 5a" | _____ |

Acuse estar ciente

(a)_____
Cmt 61ª Cia E Cmb

(Classificação sigilosa)

## 15-11. MEMENTO PARA RELATÓRIO DE DESTRUIÇÃO

(Classificação sigilosa)

RELATÓRIO DE DESTRUIÇÃO

1. Destruição Nº _____

Nome Código: _____

2. Destruição foi feita às _____

3. Extensão da destruição:

_____

_____

_____

_____

4. Esboço do efeito da destruição:

5. Realizado por: _____
(Posto / nome / unidade)

6. Destinado a _____
(Posto / nome / unidade)

7. Grupo Data-Hora: _____

(a) _____
Cmt Dest. Destruição

(Classificação sigilosa)

## 15-12. DOCUMENTOS E DADOS PARA PLANEJAMENTO

### a. Efeitos do luar na visibilidade

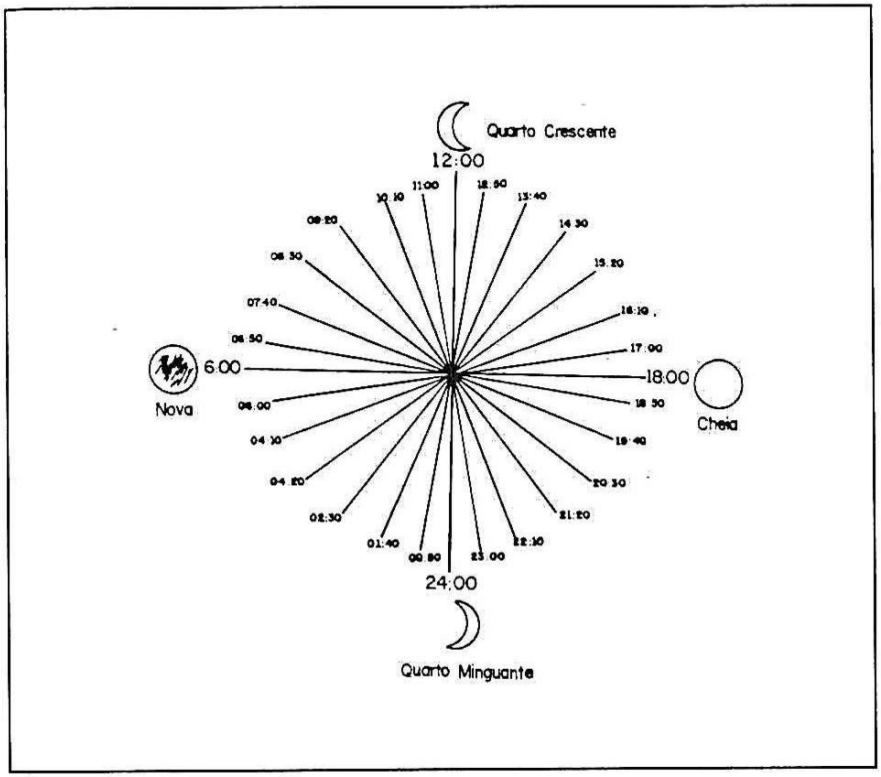



Fig 15-13. Horário do início do luar

**Quarto Minguante**

**Exemplo**: Sabe-se que a lua será cheia em D.

O dia de cumprimento da missão (X) será em D + 3.

Qual será a influência do luar?

Resposta: Em D + 3 a lua cheia estará nascendo em torno das 20:30.

Ter-se-á aproximadamente 2:30 sem luz e o restante da noite e madrugada com luz.

(considerando o tempo bom e FCVN às 18:00)

**b. Organização do posto controle de engenharia (PCE)**

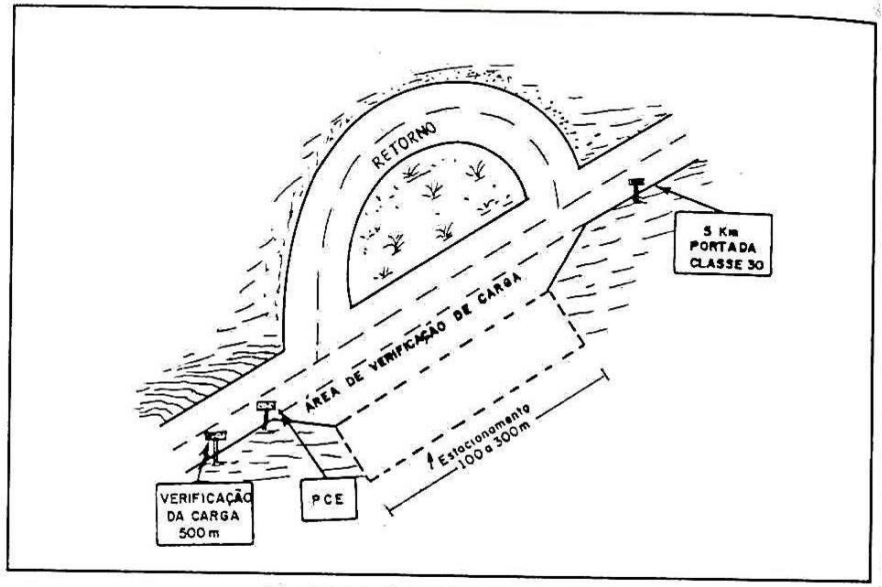



Fig 15-14. Organização do PCE

**c. Diagrama da rede mínima de estradas (R Min Estr)**

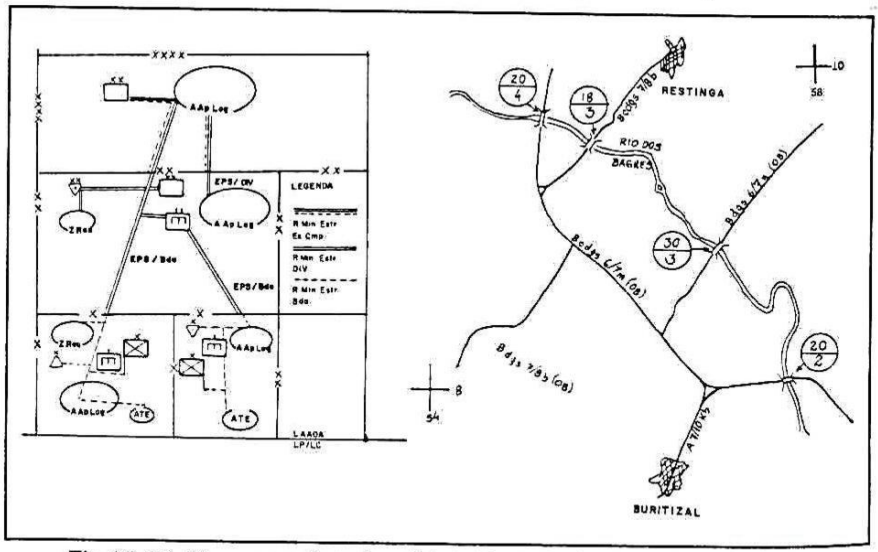



Fig 15-15. Diagrama da rede mínima de estradas e carta rodoviária

## d. Diagrama Esquemático das comunicações nas OM/Eng

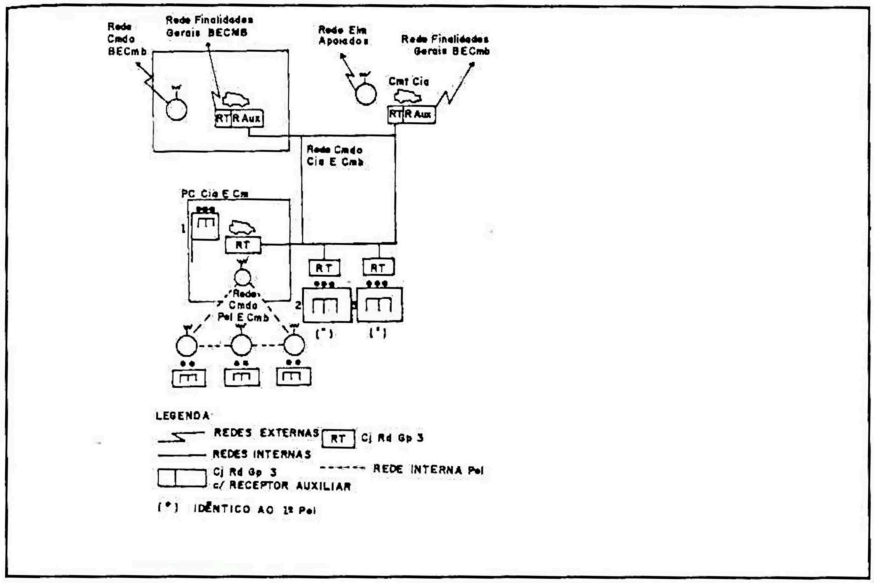



Fig 15-16. Rede típica da Cia E Cmb/B E Cmb

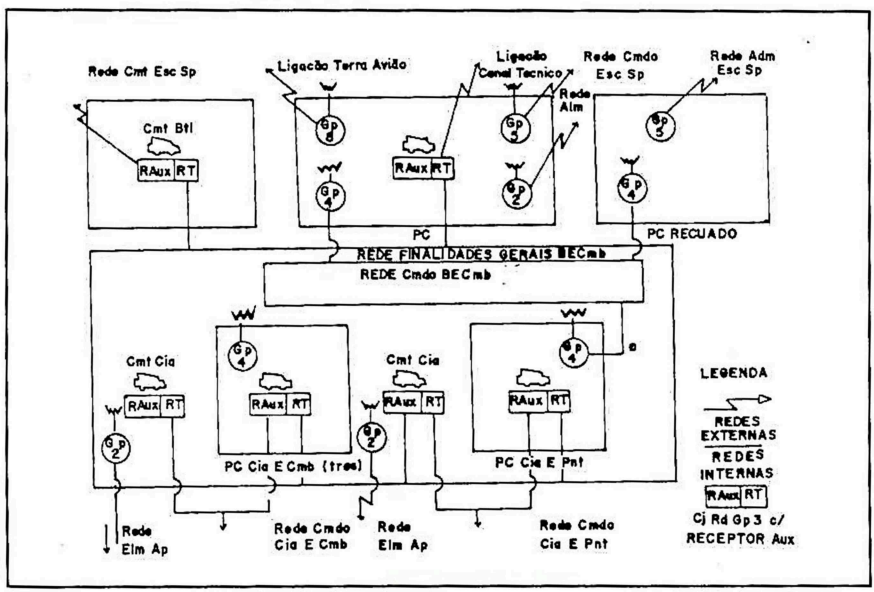



Fig 15-17. Rede típica do B E Cmb

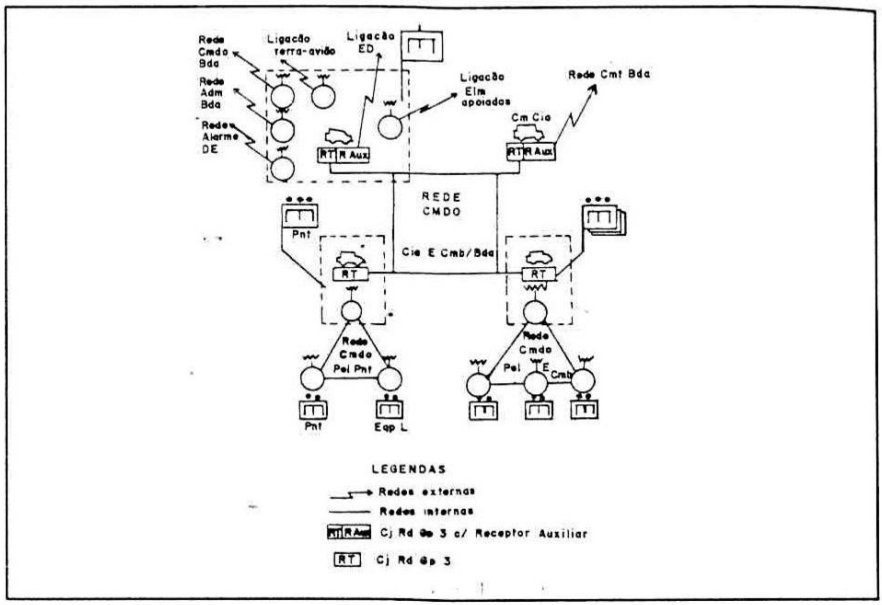



Fig 15-18. Rede típica da Cia E Cmb/Bda

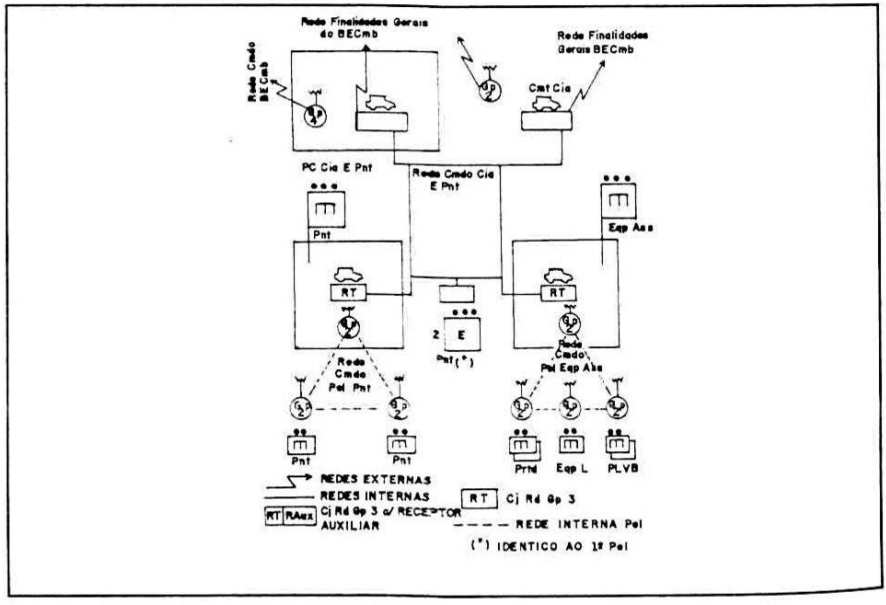



Fig 15-19. Rede-Rádio típica da Cia E Pnt/B E Cmb

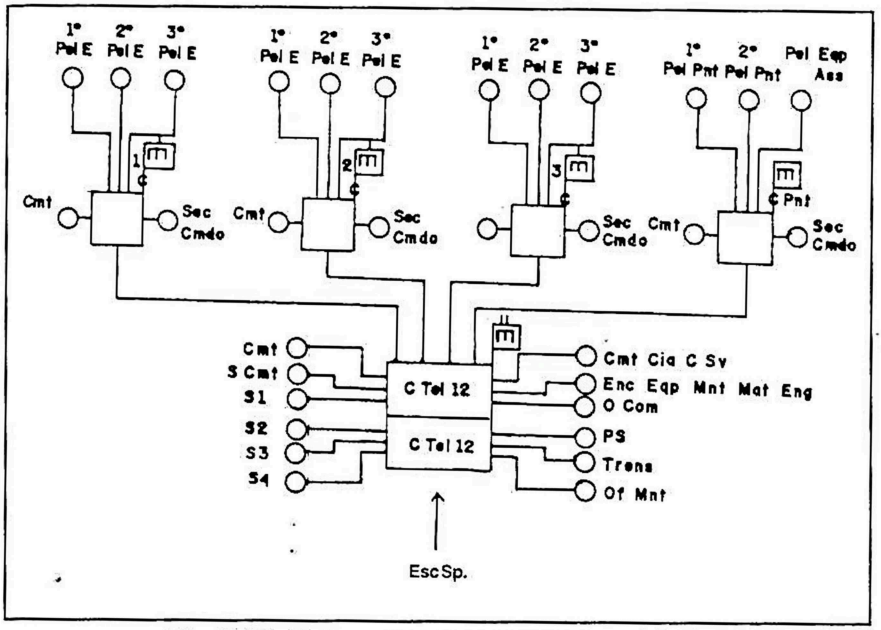



Fig 15-20. Sistema telefônico típico do B E Cmb

# CAPÍTULO 16

# ATIVIDADES LOGÍSTICAS

## 16-1. GENERALIDADES

Uma das peculiaridades da engenharia consiste no emprego de suas unidades em atividades logísticas. Essas atividades variam em função do escalão e podem ser agrupadas em atividades de:

- suprimento - construção
- manutenção - imóveis

| ATIVIDADES LOGÍSTICAS | ATIVIDADES | ESPÉCIE |
|---|---|---|
| Suprimento | Produção e distribuição | Carta<br>Água<br>Equipamentos<br>Materiais das classes IV e VI |
| Manutenção | Manutenção de todo o material de engenharia dentro de seu escalão. | Equipamentos<br>Ferramentas<br>Aparelhos |
| Construções | Edificação<br>Construção<br>Conservação<br>Reparação<br>Melhoramento<br>Restauração | Vias de transporte Obstáculos e Abrigos Instalações Administrativas de comando e utilidade pública. Portos, heliportos, Aeroportos, oleodutos, hospitais. Trabalhos de camuflagens especiais. |
| Imóveis | Seleção<br>Aquisições<br>Alienações | Imóveis destinados às atividades administrativas e de comando. |
| **OBSERVAÇÃO** - Cabe ao oficial de engenharia assessorar o comando e oficial de logística nos assuntos referentes a estacionamento das tropas, combate a incêndio e à defesa química, biológica e nuclear. | | |

Tab 16-1. Atividades logísticas da Engenharia

16-2. SUPRIMENTO

**a. Classes de suprimento**

| CLASSE | Itens de Suprimento |
|---|---|
| I | Material de Subsistência |
| II | Material de Intendência |
| III | Combustíveis e Lubrificantes |
| IV | Material de Construção |
| V | Armt e Mun (inclusive QBN) |
| VI | Material de Engenharia e Cartografia |
| VII | Material de Comunicações, Eletrônica e Informática |
| VIII | Material de Saúde |
| IX | Material de Motomecanização e de Aviação |
| X | Material não incluído nas outras classes |
| **OBSERVAÇÃO** - Os produtos afins deverão ser considerados nas suas respectivas classes. | |

Tab 16-2. Classes de suprimento

**b. Reserva Orgânica de Suprimento Cl I (quantidade de suprimento Cl I existente e que não esteja destinada para consumo imediato).**

| ELEMENTO | TRANS-PORTE | RAÇÃO | QUANTIDADE |
|---|---|---|---|
| SUB-UNIDADE | Nas viaturas | R-2 ou R-3 | 1 ração para o efetivo previsto da subunidade. |
| | Nas cozinhas | R-1B | De 2/3 a 1 e 2/3 de ração para o efetivo existente na subunidade. |
| UNIDADE | Trens da unidade | R2A ou R-3 | 1 ração para o efetivo previsto na unidade. |
| BRIGADA e DIVISÃO DE EXÉRCITO | Cia Int/ BLog | R2A ou R-3 | 2 rações para o efetivo previsto na brigada ou base divisionária. |
| SUBUNIDADE INDEPEN-DENTE | Nas viaturas | R2A ou R-3 | 2 rações para o efetivo previsto da subunidade. |

Tab 16-3. Reserva Orgânica de Sup Cl I

**c. Suprimento a cargo da engenharia**

1) Água

- Cabe a Engenharia tratar e armazenar a água para a distribuição no P Sup Água. (Fig 16-1 - Esquema de um Ponto de Suprimento de Água)

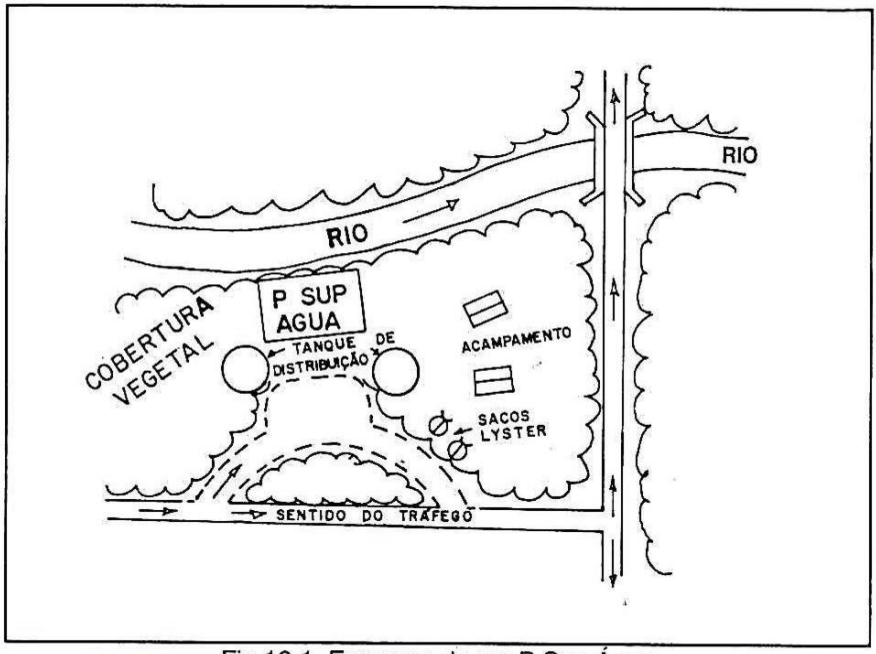



Fig 16-1. Esquema de um P Sup Água

2) Cartas

- Cabe aos BE Topo os trabalhos topográficos e à Cia Int/Blog, a nível DE e Bda, sua distribuição, obedecendo às listas de distribuição.

3) Suprimento de material e equipamento de engenharia

- Além da cadeia normal de suprimento, deverá ser feita a máxima utilização de recursos locais.

**d. Necessidade de suprimento/dia, que será transportado pelas estradas da rede mínima**

1) Base Divisionária - 200 t/d
2) Bda Inf Mtz - 220 t/d
3) Bda Inf Bld - 250 t/d
4) Bda Inf Pqdt - 250 t/d
5) Bda C Bld - 250 t/d
6) Bda C Mec - 220 t/d

**e. Pedido e distribuição de suprimento classe I**

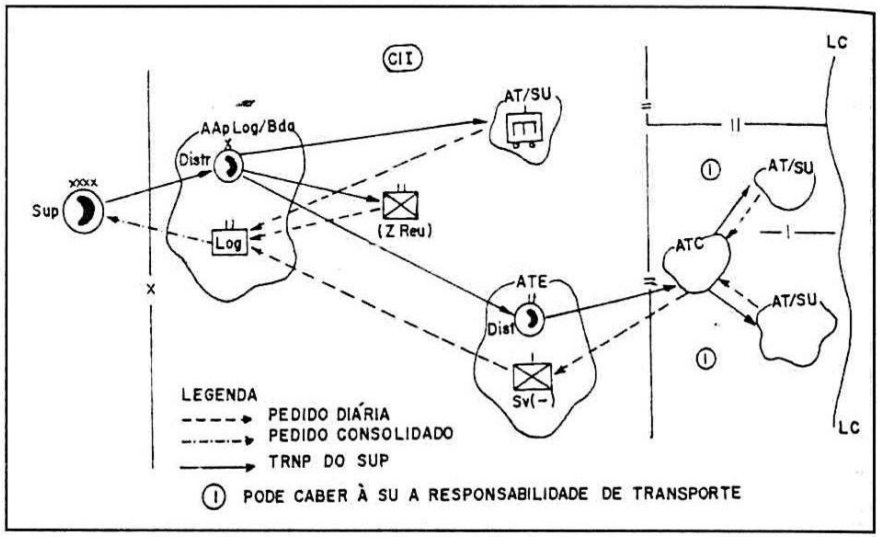



Fig 16-2. Sistema de distribuição de suprimento CI I

**f. Pedido de distribuição de suprimento classe III**

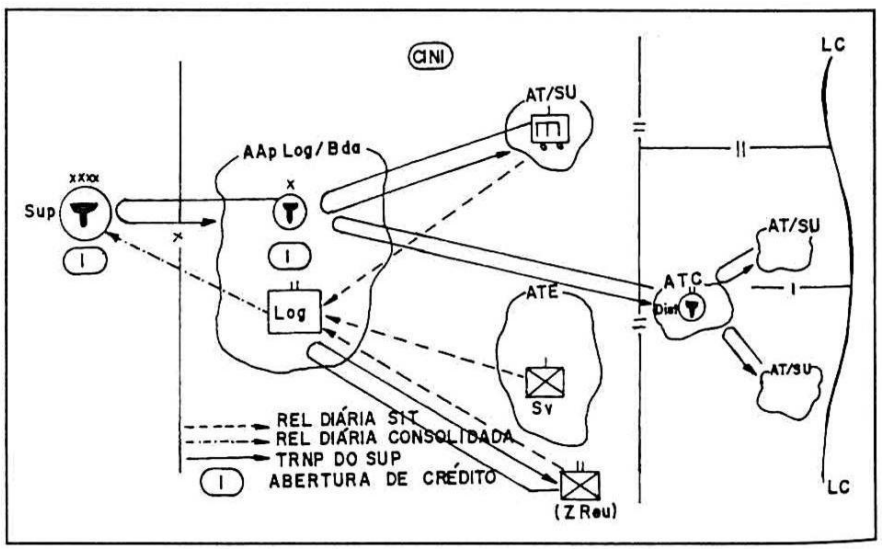



Fig 16-3. Sistema de distribuição de suprimento CI III

**g. Pedido de distribuição de suprimento Cl V**

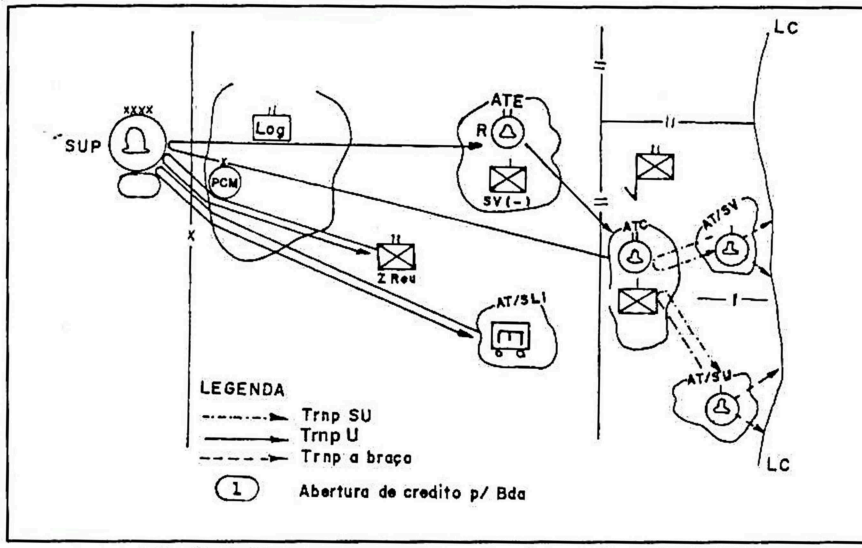



Fig 16-4. Sistema de distribuição de suprimento Cl V

**h. Pedido de distribuição de suprimento de outras classes**

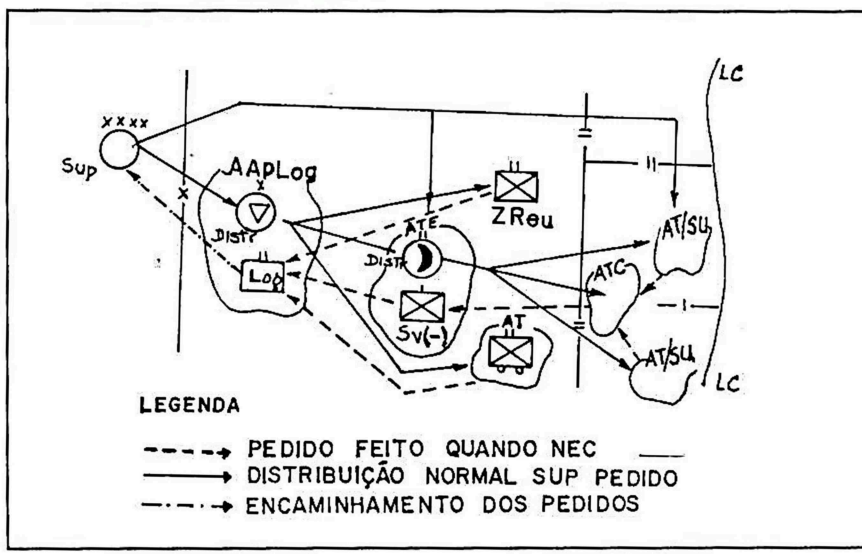



Fig 16-5. Sistema de distribuição de suprimento de outras classes

**i. Organização da área de apoio logístico (A Ap Log)**

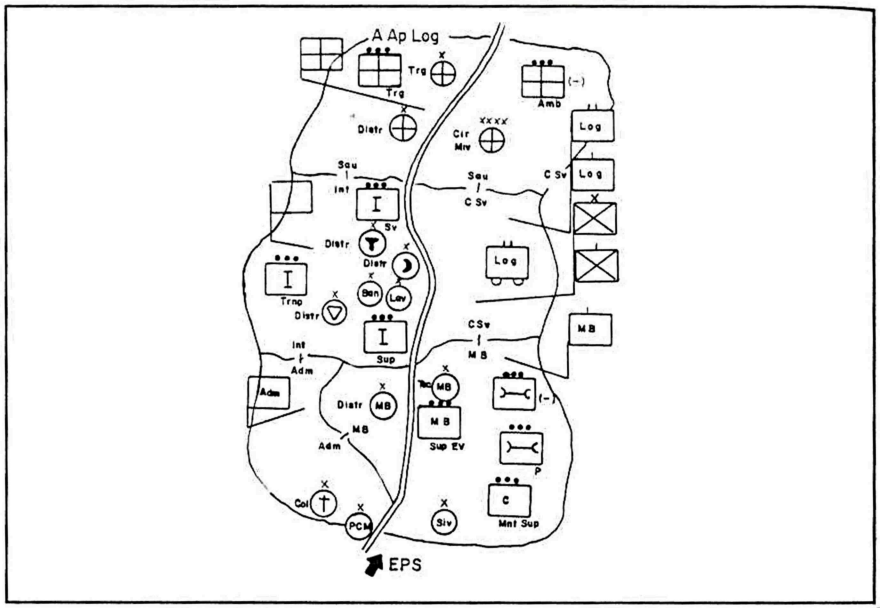



Fig 16-6. Organização da A Ap Log

16-3. MANUTENÇÃO

| CATEGORIA | ESCA-LÃO | AÇÕES | QUEM REALIZA |
|---|---|---|---|
| ORGÂNICA | 1º | Operações de Mnt mais simples | Próprio operador ou usuário do material |
| | 2º | Reparação mais simples | Pessoal de Mnt das U e SU de engenharia |
| CAMPANHA | 3º | Reparação de maior complexidade | Pessoal de Mnt das U e SU de engenharia do seu próprio material de engenharia. Organizações de manutenção de Ap Dto para os demais materiais |
| | 4º | Reparações mais complexas que dependem de Eqp especializado | Organizações de Manutenção em apoio ao conjunto (Pelotão de material bélico) |
| RETAGUARDA | 5º | Reposição e recuperação de conjunto e equipamento | Organização de Manutenção de retaguarda |

Tab 16-4. Categoria e escalações de manutenção

## 16-4. CONSTRUÇÕES

- É a atividade logística que compreende as ações de planejamento e execução de obras e instalações necessárias as atividades militares. Abrangem:

1) Edificação ou construção propriamente dita

- Consiste na realização de obras ou instalações destinadas aos órgãos de apoio logístico e de comando.

2) Conservação

- Consiste na realização de todos os trabalhos necessários para preservar uma obra ou instalação em condições de uso ou em bom estado.

3) Reparação

- Consiste na realização de trabalhos, de vulto relativamente pequeno, necessários para restituir às suas plenas condições de uso.

4) Melhoramento

- Consiste na realização de trabalhos complementares ou adicionais em uma obra ou instalação, necessários a torná-la mais eficiente, mais ampla, mais confortável ou com melhor aspecto.

5) Restauração

- Consiste na realização de trabalhos de grande vulto, que podem exigir a interrupção da respectiva utilização, necessários para restituir uma obra ou instalação as plenas condições de uso e o aspecto semelhante ao de novo.

## 16-5. IMÓVEIS

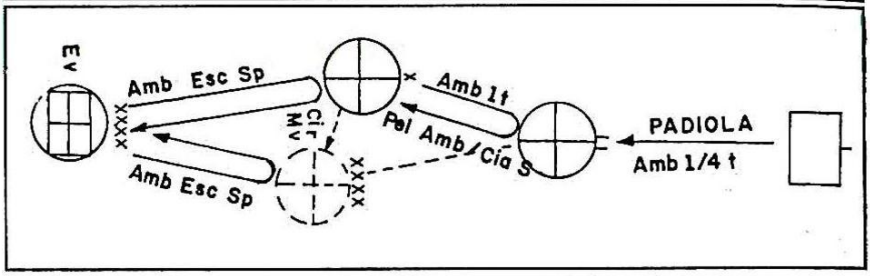
A obtenção de imóveis em um TOT seguirá as diretrizes de comando superior.

## 16-6. EVACUAÇÃO DE FERIDOS

| ESCALÃO | TRATAMENTO RECEBIDO |
|---|---|
| SU | Os atendentes prestam os primeiros socorros e conduzem os feridos para locais abrigados (refúgio da SU, operado por um Cb Pad), onde aguardam os padioleiros ou as ambulâncias 1/4 t que os transportam ao PS da unidade. |
| U | Assistência médica de urgência. O PS é operado pelo pessoal de saúde da unidade. Os feridos que não puderem ser recuperados para retorno à frente, são preparados para evacuação. |

Tab 16-5. Cadeia de evacuação na brigada/divisão de exército

| ESCALÃO | TRATAMENTO RECEBIDO |
|---|---|
| Bda/DE | No P Trg os feridos são submetidos à triagem, recebem socorro de emergência ou sofrem pequenas intervenções cirúrgicas. Podem ser evacuados diretamente dos PS ou dos P Trg para o P Cir Mv (ou HEv), conforme as necessidades. |
| Ex Cmp | Intervenções de maior vulto são feitas no HEv. A evacuação para o HEv é realizada pelo escalão que apóia a Bda, através de ambulâncias e/ou aeronaves. A Ev Aem pode se dar desde as instalações mais avançadas, conforme as necessidades e disponibilidades de aeronaves. |




Tab 16-5. Cadeia de evacuação na brigada/divisão de exército (continuação)

## 16-7. EVACUAÇÃO DE PRISIONEIROS DE GUERRA

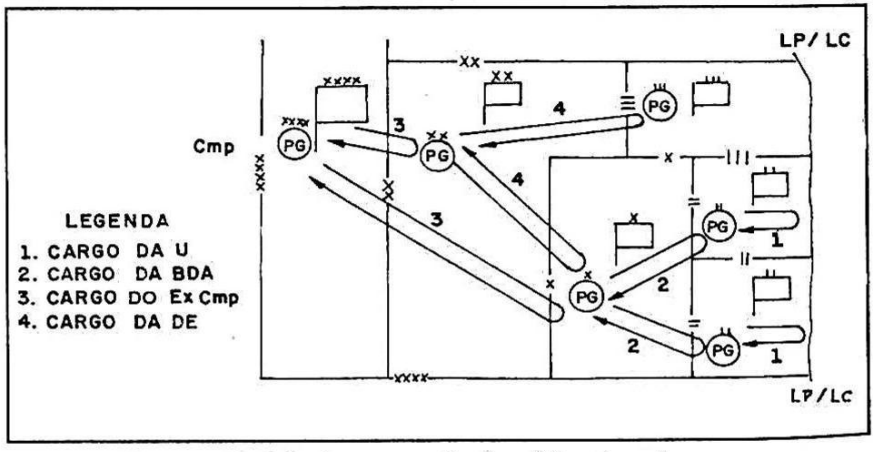



Fig 16-7. Cadeia de evacuação de prisioneiros de guerra

# CAPÍTULO 17

# DIVERSOS

## 17-1. COMBATE À INCÊNDIO

**a. Classes de incêndio** - Existem 4 classes de incêndio:

| CLASSE DO INCÊNDIO / MATERIAIS / TIPO DE EXTINTOR | A<br>madeiras, papéis, roupas, colchões, almofadas, lonas e livros | B<br>gasolina, óleo diesel, graxas, verniz, tintas, etc | C<br>equipamentos elétricos (motor, reator, transformador, etc.), quando eletrificados | D<br>metais combustíveis (como magnésio e alumínio em pó) |
|---|---|---|---|---|
| CO2 | Bom | Excelente | Excelente | Bom |
| Água pressurizada | Excelente | Não usar | Não usar | Não usar |
| Soda-ácido | Excelente | Não usar | Não usar | Não usar |
| Espuma | Bom | Excelente | Bom | Não usar |
| Pó-químico especial | Não usar | Não usar | Não usar | Excelente |
| Pó-químico seco | Regular | Excelente | Excelente | Não usar |

Tab 17-1. Utilização de extintores

**b. Tipos de extintores** - Os tipos de extintores mais encontrados são os seguintes: gás carbônico ($CO_2$), água pressurizada (água-gás), soda-ácido, espuma, pó-químico seco e pó-químico especial. Para emprego, consultar as tabelas 17-1 e 17-2.

**c. Extintor de gás carbônico ($CO_2$)** - Este tipo de extintor extingue o fogo por abafamento, cobrindo-o com $CO_2$, isolando o oxigênio indispensável à combustão. Funciona por acionamento de gatilho (os pequenos) ou girando-se o volante (os maiores).

**d. Extintor de água pressurizada** - A propriedade extintora utilizada é o rápido efeito da água tornando a temperatura inferior ao ponto de ignição. A água pode ser lançada por meio de uma bomba manual ou por meio de um gás propulsor ($CO_2$).

**e. Extintor soda-ácido** - Utiliza água como agente extintor. Quando o extintor é invertido a soda e o ácido misturam-se produzindo um gás propulsor.

**f. Extintor de espuma** - A propriedade extintora utilizada é o abafamento produzido por bolhas de $CO_2$, que podem abafar o material em combustão, eliminando o oxigênio. Ele é semelhante ao extintor soda-ácido em tamanho e forma. Dois ingredientes se misturam formando a espuma. Deverão ser invertidos no ato da utilização.

**g. Pó químico seco** - O pó químico ao entrar em contato com as chamas decompõem-se, isolando rapidamente o oxigênio e extinguindo o fogo por abafamento. O pó pode ser expelido por gás carbônico ou nitrogênio.

**h. Pó químico especial** - O pó químico especial é também um pó químico seco, porém destinado especialmente ao combate à incêndios classe "D" (incêndios em metal).

**i. Escolha dos tipos de extintores** - O tipo de extintor indicado irá depender da classe do incêndio, a sua utilização se dará de acordo com essa indicação (Tab. 17-1) e a disponibilidade dos diferentes tipos.

**j. Quantidade de extintores**

(1) Exemplo do cálculo da quantidade de extintores: determinar a quantidade e o tipo de extintores para um depósito de combustíveis e lubrificantes com 600 $m^2$ de área.

(2) Solução - Os tipos de extintores são obtidos através da Tab. 17-1; trata-se de incêndio classe "B", os extintores indicados são $CO_2$, espuma e pó químico seco. A quantidade a utilizar irá depender do risco, no caso, risco grande, cuja área de ação correspondente à necessidade mínima é de 100 $m^2$; 600 $m^2$/100 $m^2$ = 6; portanto:

- 6 x 10 l = 60 l de extintores de espuma, ou
- 6 x 8 kg = 48 kg de extintores de CO2, ou
- 6 x 4 kg = 24 kg de extintores de pó químico.

| ÁREA DE AÇÃO DOS EXTINTORES | | TIPO DE EXTINTOR | NECESSIDADE MÍNIMA POR ÁREA |
|---|---|---|---|
| Risco pequeno | 250 m | Espuma<br>Água-gás<br>Soda-ácido | 10 litros |
| Risco médio | 150 m | Gás carbônico | 8 quilos |
| Risco grande | 100 m | Pó químico | 4 quilos |

Tab 17-2. Necessidade mínima de extintores, por área de ação.

## 17-2. ACAMPAMENTO E ACANTONAMENTO DE COMPANHIA

**a. Dimensões** - De um modo geral, utilizar o terreno à razão de 40 m² por homem e 80 m² por viatura. Entretanto, no caso de previsão contra ataques aéreos, o cálculo deve ser feito apenas em face da dispersão das viaturas, sem levar em conta o pessoal. Assim, um intervalo mínimo de 25 m entre viaturas exige 625 m² por viatura; e, para um intervalo de 50 m, são necessários 2500 m² por viatura.

**b. Localização** - Manter uma distância mínima de 1,5 km de localidades e zonas infestadas de mosquitos. Escolher o local depois de considerar a missão, a drenagem, as cobertas, a natureza do solo, a rede de estradas e o suprimento de água. Demarcá-lo somente após considerar a direção da drenagem e dos ventos predominantes e verificar a existência de plantas e animais venenosos.

**c. Disposição** - Uma disposição típica para um acampamento ou acantonamento de Cia é apresentada na figura que se segue. Os acampamentos são ocupados durante um prazo menor do que uma semana e têm instalações sanitárias provisórias. Os acantonamentos, para prazo maior, disporão de melhoramentos, como banheiros, instalações sanitárias e instalações para administração, segurança e recreação.

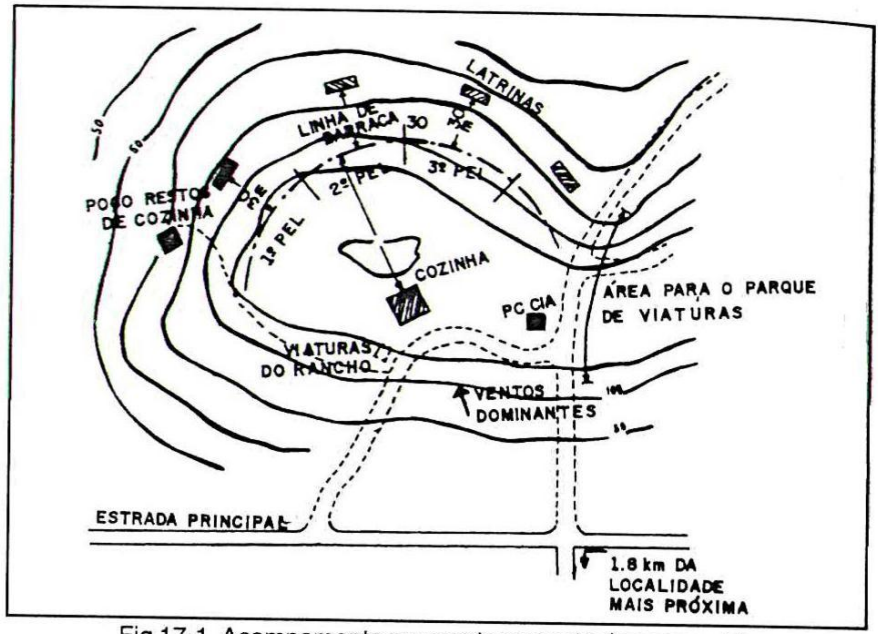



Fig 17-1. Acampamento ou acantonamento de companhia

**d. Latrinas**

(1) Localização e precauções - Distanciá-las, pelo menos, de 100 m da cozinha e de 30 m das barracas do pessoal e de uma fonte ou nascente. Evitar escavá-las abaixo do nível da água do subsolo. Exercer rigoroso controle sobre as moscas.

(2) Tipos (pormenores no C 21-10)

(a) Vala - Usar somente nos acampamentos. Escavá-la com 0,30 m de largura por 0,60 m de profundidade e 1,20 m de comprimento. Para 100 homens serão necessárias quatro latrinas de 1,20 m de comprimento. Este tipo de latrina não é provido de assento. Colocam-se tábuas sobre ambos os bordos da vala a fim de evitar o desbarrancamento, bem como para dar um piso mais firme. Cada qual deve jogar terra sobre as fezes, em seguida à utilização da latrina; para isso deve existir uma pá junto à vala. Derramar óleo na vala, diariamente. Entupi-la com terra, quando as fezes chegarem a 0,30 m do nível do solo ou quando for abandonada.

(b) Fossa - Usar em acantonamentos de curta duração. Escavá-la com 0,60 m de largura por 2,20 m de comprimento e 0,90 a 3,00 metros de profundidade. Esta profundidade deve ser de 0,90 m para uma semana de utilização, aumentando-se 0,30 m para cada semana além da primeira. Este tipo de latrina deve ser equipado com uma caixa de madeira à prova de moscas. Para 100 homens escavar duas fossas de 2,20 m de comprimento.

(c) De balde - Usar quando a natureza do solo impede a escavação de latrinas apropriadas ao acantonamento ou acampamento.

(d) De monturo - Usar nos locais em que o nível da água de subsolo é muito elevado. A terra amontoada permite a construção de uma fossa mais profunda, sem adentrar muito o nível do solo natural.

**e. Mictórios**

(1) Dosagem - Em acantonamentos ou acampamentos a quantidade de mictórios é calculada na base de 5% (cinco por cento) do efetivo das companhias.

(2) Tipos

(a) De calha - Poderá ser construída de lata, ferro galvanizado, plástico ou mesmo de madeira, e ter a forma de U ou V. Para 100 homens, o comprimento deverá ser de 3 metros.

(b) Poço de absorção de urina - Escavá-lo com uma forma cúbica, de 1,20 m de lado; deve ser enchido com pedras ou tijolos quebrados. Cada poço serve para a utilização de 200 homens, indefinidamente. Instalar calhas individuais, na base de uma por 20 homens.

**f. Higiene da cozinha** - Enterrar os restos da comida, nos acampamentos ou nos acantonamentos de curta duração. Instalar incineradores de trincheira e poços para restos com caixas de gordura, nos acantonamentos de maior duração (C 21-10).

**g. Instalações para lavagem de roupas e para banhos** - Devem ser localizadas entre as barracas e as latrinas. Instalar tábuas de lavar roupa à razão de 0,30 m linear por 100 homens. Evitar o desperdício d'água. Instalar chuveiros para banhos, sempre que possível, na base de um chuveiro para 25 homens. Nos trópicos e, durante o verão, nas zonas temperadas, devem os mesmos ser instalados à razão de um chuveiro para 20 homens (C 21-10).

## 17-3. SUPRIMENTO DE ÁGUA

**a. Quantidade de água necessária por dia** - A Tab 17-3 dá a quantidade de água necessária, em litros por unidade consumidora, por dia, sob diversas condições de uso.

| 1 | 2 | 3 | | 4 |
|---|---|---|---|---|
| Unidade Consumidora | Condições de uso | Litros por unidade e por dia | | OBSERVAÇÕES |
| | | Clima Temperado / Frio | Deserto / Selva | |
| HOMEM | Em combate | | (1) | |
| | Mínimo | 2 a 4 | 8 a 11 | - Apenas para beber e comer, durante um período não superior a 3 dias |
| | | | (1) | |
| | | 8 | 11 a 15 | - Quando forem usadas rações de campanha |
| | | | (2) | |
| | Normal | 11 | 25 | - Para beber e mais pequenas quantidades para cozimento ou higiene pessoal |
| | | | (2) | |
| | Marcha ou bivaque | 8 | 20 | - Mínimo para todas as finalidades |
| | Acampamento temporário | 20 | .... | - Desejável para todas as finalidades, exceto banho |
| | Acampamento temporário com instalações p/ banho | 60 | .... | - Permite a utilização nos esgotos |
| | Acampamento semipermanente | 100 a 230 | | |
| | Acampamento permanente | 230 a 380 | | |
| VEÍCULO | Terreno plano e ondulado | 0,5 a 2 | .... | - Dependendo do tamanho do veículo |
| HOSPITAL | Beber e cozinhar | 40/leito | .... | - Mínimo, não inclui banho ou água para limpeza |
| | Água p/ servir e esgotos | 190/leito | .... | - Inclui água p/ pessoal de saúde |

**OBSERVAÇÕES**
(1) Para pessoal não aclimatado ou para todo o pessoal quando o termômetro marcar mais de 40ºC na selva.
(2) O fator máximo de consumo depende do esforço dispendido, da radiação solar e de outras influências ambientais.

Tab 17-3. Quantidade de água

**b. Desinfecção da água**

(1) Hipoclorito de Cálcio - Para um saco de Lyster de 130 litros (36 galões), utiliza-se uma ampola de solução de hipoclorito de cálcio, que deve ser quebrada e todo o seu conteúdo misturado à água contida no saco de Lyster. Retirar um pouco de água de cada torneira e tornar a despejar no interior do saco. Esperar 3 minutos antes de beber. Para uso individual, preparar uma solução desinfectante dissolvendo no interior de um cantil o conteúdo de uma ampola de hipoclorito de cálcio. Adicionar a capacidade de uma tampa do cantil de solução assim obtida a cada cantil com a água a ser depurada, agitando-o fortemente após a dissolução. Esperar 30 minutos antes de beber a água.

(2) Comprimidos de Halazona - Para purificar a água, colocar 2 comprimidos de 4 miligramas em cada cantil. Em se tratando de água turva, escura ou contendo micróbios de disenteria amebiana, o número de comprimidos deve ser aumentado para 4 em cada cantil. Em qualquer caso, depois de colocados os comprimidos, agitar bem. Deixar em repouso durante 30 minutos, antes de usar.

(3) Fervura - Levar a água ao ponto de ebulição e mantê-la em fervura durante 1 minuto pelo menos.

(4) Destruição dos micróbios de disenteria amebiana - Quando se suspeita da existência desses micróbios, toda a água deve ser tratada inicialmente pela coagulação e pela sedimentação, seguidas da filtração do diatomito. A água tratada dessa maneira fica considerada boa para beber quando apresenta um resíduo de cloro de uma parte por milhão, após 10 minutos de tratamento. Em caso de emergência, a água pode ser desinfectadas nos cantis individuais de acordo com as instruções contidas no rótulo do vidro de comprimidos de purificação, a menos que tenha sido ordenado um aumento na dosagem, pelo oficial médico. As pequenas unidades podem ferver sua própria água para beber, o que constitui um processo seguro. Se for usado o saco de Lyster, devem ser tomadas as seguintes medidas:

(a) quebrar uma ampola e derramá-la no saco cheio d'água. Mexer com uma vara bem limpa.

(b) desinfectar as torneiras, fazendo passar por elas meio caneco d'água.

(c) após 10 minutos, o resíduo não deve exceder de 1 parte por milhão. Em seguida, adicionar outra ampola. Manter o saco coberto.

(d) a água torna-se potável 30 minutos após o adicionamento da última ampola.

**c. Ponto de suprimento de água** - Nas figuras a seguir estão representados um ponto de suprimento de água de uma zona de combate e a disposição de uma unidade de tratamento de água.

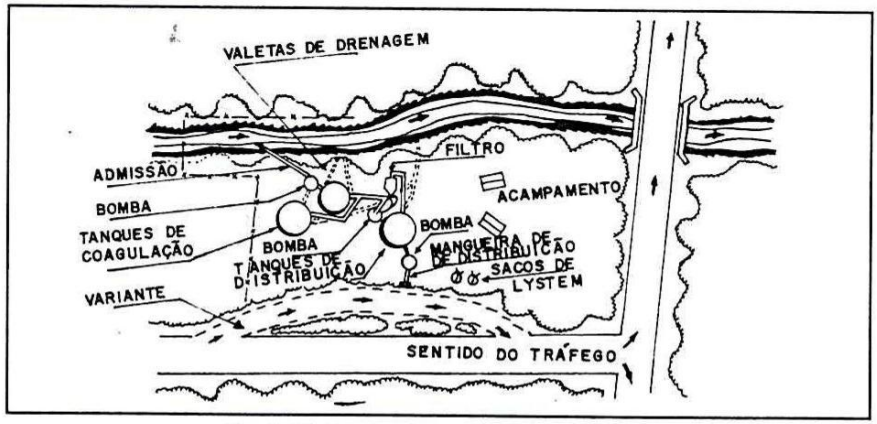



Fig 17-2. Ponto de suprimento de água

## 17-4. PESOS ESPECÍFICOS DOS MATERIAIS

| MATERIAL | kg/m³ | MATERIAL | kg/m³ |
|---|---|---|---|
| Acetileno * | 1,1742 | Quartzo | 2643,3 |
| Aço | 7.593,48 | Cimento, compacto | 2.691,36 |
| Água (densid. máx.) | 999,648 | Cimento, solto | 1.153,44 |
| Água do mar | 1.025,28 | Cloro * | 3,13992 |
| Algodão | 999.648 | Cobre, puro | 8.875,08 |
| Alcool | 784,98 | Concreto | 2.400 |
| Alumínio, puro | 2.691,36 | Coque | 993,24 |
| Alvenaria | 1.602 | Coque, solto | 368,46 |
| Antimônio | 6.632,28 | Cortiça | 249,912 |
| Ar * | 129,6018 | Couto seco | 865,08 |
| Areia | 1.441,8 | Ebano (madeira) | 1.105,38 |
| Argamassa, dura | 1650,06 | Ebonite | 1.201,50 |
| Argila, dura | 2.066,58 | Entulho (detritos) | 640,8 |
| Argila, mole | 1890,36 | Enxofre | 1.922,4 |
| Asfalto | 1.105,38 | Espermacete | 945,12 |
| Borracha, composta | 1.698,12 | Estanho | 7.289,1 |
| Borracha, pura | 929,16 | Faia (madeira) | 688,86 |
| Cal | 849,06 | Ferro forjado | 7.801,74 |
| Calcário | 2.499,12 | Ferro fundido branco | 7.577,46 |
| Cálcio | 1.579,572 | Ferro fundido cinzento | 7.032,78 |
| Carbono | 2.002,5 | Ferro, puro | 7.865,82 |
| Carvão, antracito | 1.297,62 | Flúor * | 1,47384 |
| Carvão, betuminoso | 1.249,56 | Fósforo | 2.338,92 |
| Carvão lenhito | 833,04 | Gelo | 881,1 |
| Carvão vegetal | 272,34 | Gesso | 2.306,88 |
| Cedro | 592,74 | Giz | 1.906,38 |
| Celulóide | 1.441,8 | Glicerina | 1.259,172 |
| Cerejeira (madeira) | 688,86 | Goma-arábica | 1.441,8 |
| Chumbo | 11.374,2 | Resina | 1.073,34 |
| Granito | 2.002,5 | Rubi | 15.299,1 |
| Guta-percha | 977,22 | Rutênio | 12.287,34 |
| Hidrogênio * | 0,090032 | Sal de cozinha | 2.066,53 |
| Lama (lodo) | 1.281,6 | Salgueiro (madeira) | 384,48 |
| Latão | 8.170,2 | Selênio | 4.806 |
| Magnésio | 1.714,14 | Silex | 2.595,24 |
| Manganês | 7.401,24 | Silício | 2.098,62 |
| Mármore | 2.515,14 | Sódio | 969,21 |
| Mercúrio * | 13.600,98 | Talco | 269,136 |
| Mica | 2.643,3 | Tálio | 11.838,78 |
| Monóxido de carbono * | 1,252764 | Tântalo | 16.660,8 |
| Nafta | 849,06 | Telha | 1.810,26 |
| Neve (compacta) | 320,4 | Telha meia-cana | 416,52 |
| Níquel | 8.650,8 | Telúrio | 6.231,78 |
| Nitrogênio * | 1,252764 | Terebentina | 868,284 |
| Óleo de linhaça | 941,976 | Tijolo | 1.602 |
| Óleo lubrificante, mineral | 900,324 | Titânio | 3.492,36 |
| Ouro | 19.272,06 | Tório | 1.989,72 |
| Oxigênio * | 1,43379 | Tungstênio | 18.807,48 |
| Papel | 704,88 | Turfa | 320,4 |
| Parafina | 865,08 | Urânio | 18.663,3 |
| Pedra-pomes | 368,46 | Vanádio | 5.494,86 |
| Pedra-sabão | 2.595,24 | Vidoeiro (madeira) | 512,64 |
| Petróleo | 877,896 | Vidro comum | 2.403 |
| Pinho | 384,48 | Vidro - "flint" | 2.883,6 |
| Platina | 21.402,72 | Xenônio * | 4,54968 |
| Porcelana | 2.290,86 | Xisto | 2.595,24 |
| Potássio | 860,274 | Zinco | 7.176,96 |
| Prata | 10.573,2 | Zircônio | 4.133,16 |

Tab 17-4. Pesos específicos dos materiais mais utilizados

## 17-5. CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÃO DOS PREGOS

| Número a x b | Diâmetro (mm) | Comprimento (mm) | Quantidade aprox. p/ kg | Aplicação mais comum |
|---|---|---|---|---|
| 6x6 | 1,067 | 13,7 | 10.500 | Vidros |
| 8x8 | 1,245 | 18,3 | 5.800 | Vidros |
| 10x10 | 1,473 | 22,9 | 3.300 | |
| 12x12 | 1,740 | 27,5 | 1.970 | |
| 13x15 | 1,829 | 34,4 | 1.430 | Forro, alizares |
| 14x15 | 2,108 | 34,4 | 1.070 | |
| 14x18 | 2,108 | 41,2 | 895 | |
| 15x15 | 2,413 | 34,4 | 820 | Ripas |
| 15x18 | 2,413 | 41,2 | 685 | Ripas grossas |
| 16x18 | 2,769 | 41,2 | 520 | |
| 16x21 | 2,769 | 48,1 | 445 | |
| 16x24 | 2,769 | 55,0 | 390 | |
| 17x21 | 3,048 | 48,1 | 365 | Marcos,esquadrias |
| 17x24 | 3,048 | 55,0 | 220 | Soalhos, frisos |
| 17x27 | 3,048 | 61,8 | 285 | Tábuas PP c/ CA, rodapés |
| 18x24 | 3,404 | 55,0 | 255 | |
| 18x27 | 3,404 | 61,8 | 230 | |
| 18x30 | 3,404 | 68,7 | 205 | Tábuas e pernas PP p/ CA |
| 19x27 | 3,759 | 61,8 | 190 | |
| 19x30 | 3,759 | 68,7 | 170 | |
| 19x36 | 3,759 | 82,5 | 140 | Pernas e escoramentos p/CA |
| 20x30 | 4,191 | 68,7 | 135 | |
| 20x42 | 4,191 | 96,2 | 97 | Caibros |
| 21x33 | 4,572 | 75,6 | 104 | |
| 22x36 | 5,156 | 82,5 | 75 | |
| 22x39 | 5,156 | 89,3 | 69 | |
| 22x48 | 5,156 | 110,0 | 56 | Caibros e madeiramento, telhados |
| 23x42 | 5,588 | 96,2 | 55 | |
| 23x45 | 5,588 | 103,0 | 51 | |
| 24x48 | 6,045 | 110,0 | 34 | |
| 25x54 | 6,579 | 123,7 | 31 | Madeiramento, telhados pesados |
| 25x60 | 6,579 | 137,4 | 27 | |
| 26x72 | 7,213 | 165,0 | 19 | |
| 26x84 | 7,213 | 192,3 | 17 | |
| 26x86 | 7,213 | 197,0 | 16 | |

**OBSERVAÇÃO**
a - diâmetro
b - comprimento

Tab 17-5. Características e aplicação dos pregos

## 17-6. CARACTERÍSTICAS DAS MADEIRAS

### a. Usadas no sul do Brasil

A Tab 17-6 apresenta as principais características mecânicas

| Nomenclatura | Peso específico aparente Kg / dm³ | Resistência | | Módulos de elasticidade (kg / cm²) (madeira verde) | | Choque (madeira seca ou ar) | Tensão Kg / cm² | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Compressão Kg / cm² | Flexão | Compressão | Flexão | Coeficiente de Resistência | Cizalhamento | Tração normal às fibras | Fendilhamento |
| Aroeira do Sertão | 1.210 | 898 | 1.762 | 187.000 | 152.20 | 0,97 | 202 | 116 | 11,6 |
| Angico preto | 1.050 | 886 | 1.890 | 207.100 | 166.80 | 1,25 | 198 | 139 | 15,0 |
| Ipê amarelo | 1.030 | 754 | 1.620 | 178.500 | 153.80 | 1,52 | 134 | 103 | 10,6 |
| Cabreúva | 980 | 766 | 1.613 | 169.600 | 149.20 | 1,13 | 193 | 124 | 14,1 |
| Leiteiro preto | 970 | 782 | 1.450 | 222.400 | 168.50 | 0,24 | 114 | 90 | 11,0 |
| Ipê roxo | 960 | 745 | 1.632 | 199.000 | 165.00 | 1,01 | 145 | 100 | 10,2 |
| Guaiçara | 940 | 744 | 1.324 | 176.100 | 132.70 | 0,51 | 149 | 112 | 12,2 |
| Faveiro | 930 | 768 | 1.412 | 153.000 | 128.00 | 0,69 | 121 | 80 | 9,0 |
| Pêssego bravo | 920 | 735 | 1.700 | 162.900 | 142.00 | 0,89 | 142 | 129 | 12,4 |
| Jatobá | 910 | 725 | 1.392 | 162.000 | 141.10 | 0,67 | 156 | 125 | 15,2 |
| Guaraiúva | 900 | 547 | 1.461 | 154.000 | 134.00 | 1,43 | 145 | 118 | 10,9 |
| Pindaíba | 880 | 690 | 1.517 | 157.600 | 136.30 | 0,63 | 146 | 144 | 13,4 |
| Guassatonga | 870 | 640 | 1.384 | 184.800 | 146.70 | 0,78 | 122 | 108 | 14,1 |
| Guatambu | 870 | 707 | 1.422 | 166.400 | 136.60 | 1,04 | 141 | 104 | 12,9 |
| Taiúva | 870 | 758 | 1.235 | 128.700 | 105.00 | 0,50 | 167 | 123 | 13,6 |
| Copaíba | 860 | 609 | 1.200 | 140.400 | 120.00 | 0,55 | 122 | 111 | 11,6 |
| Sapuva | 840 | 485 | 1.102 | 121.600 | 109.90 | 0,53 | 104 | 81 | 8,2 |
| Pau marfim | 830 | 565 | 1.454 | 139.100 | 115.30 | 1,09 | 121 | 89 | 10,4 |
| Leiteiro | 830 | 592 | 1.233 | 170.000 | 135.80 | 0,56 | 123 | 101 | 10,5 |
| Eucalipto | 830 | 618 | 1.247 | 152.900 | 131.30 | 0,74 | 126 | 87 | 9,3 |
| Peroba rosa | 790 | 565 | 1.021 | 112.900 | 100.00 | 0,38 | 118 | 71 | 9,1 |
| Jacarandá | 790 | 488 | 1.047 | 114.700 | 99.70 | 0,61 | 129 | 92 | 10,6 |
| Guaiuvira | 780 | 549 | 1.360 | 127.800 | 110.50 | 1,28 | 177 | 110 | 14,0 |
| Jequitibá branco | 770 | 554 | 1.235 | 144.700 | 119.20 | 0,72 | 127 | 102 | 12,8 |
| Amendoim | 770 | 540 | 1.187 | 121.800 | 113.40 | 0,64 | 126 | 99 | 11,2 |
| Araribá | 750 | 725 | 1.443 | 165.600 | 139.70 | 0,54 | 120 | 85 | 11,2 |
| Canafístula | 740 | 632 | 1.141 | 142.000 | 111.70 | 0,41 | 125 | 82 | 9,0 |
| Embira-de-sapo | 740 | 535 | 1.371 | 144.700 | 134.90 | 1,14 | 100 | 77 | 10,3 |
| Peroba-de-Campos | 720 | 584 | 1.193 | 139.000 | 119.60 | 0,52 | 117 | 69 | 8,3 |
| Angico | 700 | 456 | 1.114 | 137.700 | 106.80 | 0,70 | 127 | 86 | 12,0 |
| Sapucaia | 690 | 570 | 1.151 | 141.400 | 115.70 | 0,78 | 104 | 81 | 8,5 |
| Carvalho nacional | 680 | 440 | 1.001 | 138.300 | 113.70 | 0,57 | 75 | 95 | 10,0 |
| Arruda brava | 670 | 516 | 1.202 | 122.500 | 102.10 | 0,43 | 107 | 71 | 7,5 |
| Pau d'alho | 660 | 440 | 848 | 115.000 | 93.20 | 0,25 | 73 | 40 | 6,4 |
| Imbuia | 650 | 450 | 934 | 90.000 | 78.90 | 0,34 | 98 | 68 | 7,8 |
| Massaranduba | 630 | 463 | 770 | 95.200 | 81.10 | 0,21 | 104 | 57 | 6,6 |
| Açoita-cavalo | 610 | 460 | 1.017 | 112.000 | 92.20 | 0,52 | 84 | 61 | 7,0 |
| Cedro | 530 | 366 | 871 | 100.300 | 83.60 | 0,31 | 68 | 57 | 5,6 |
| Canela amarela | 530 | 354 | 717 | 96.900 | 79.70 | 0,28 | 72 | 60 | 6,9 |
| Pinho Paraná | 520 | 390 | 708 | 142.000 | 100.40 | 0,22 | 70 | 35 | 4,6 |
| Cinamomo | 420 | 286 | 604 | 73.800 | 66.30 | 0,24 | 56 | 47 | 6,0 |

Tab 17-6. Principais características mecânicas

| Nomenclatura | Peso específico | Carga de ruptura | Carga de segurança |
|---|---|---|---|
| | | Kg/cm² | |
| Acapu | 1.067 | 930 | 93 |
| Angelim amargoso | 984 | 684 | 68 |
| Angelim-pedra | 1.052 | 722 | 72 |
| Canela-capitão-mór | 735 | 407 | 41 |
| Canela-limão | 988 | 847 | 85 |
| Canela parda | 895 | 545 | 55 |
| Canela preta | 877 | 676 | 68 |
| Canela-sassafraz | 1.080 | 911 | 91 |
| Congerana | 824 | 545 | 55 |
| Carnaúba | 982 | 578 | 58 |
| Guarabú | 1.028 | 736 | 74 |
| Guaraúna | 1.163 | 814 | 81 |
| Ipê-tabaco | 1.048 | 885 | 89 |
| Óleo pardo | 801 | 662 | 66 |
| Oiti | 962 | 551 | 55 |
| Pau-Brasil | 1.234 | 1.361 | 136 |
| Peroba parda | 854 | 758 | 76 |
| Piquiá-marfim | 836 | 741 | 74 |
| Sucupira-açu | 944 | 639 | 64 |
| Sucupira-mirim | 968 | 912 | 90 |
| Tapinhoam | 997 | 692 | 69 |
| Vinhático amarelo | 666 | 551 | 57 |
| Vinhático-flor-de-algodão | 567 | 308 | 31 |
| Vinhático-testa-de-boi | 595 | 570 | 55 |

Tab 17-7. Resistência à compressão e peso específico

## 17-7. CARACTERÍSTICAS DAS PEÇAS METÁLICAS

| Espessura | | Peso em kg | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pretas | | 10 x 5 pés | Galvanizadas | |
| Comercial | em mm | 2 x 1 metros | 8 x 4 pés | | 9 x 1 metros | 8 x 4 pés |
| BG nº 30 | 0,31 | - | - | - | 5,400 | - |
| BG nº 28 | 0,40 | 6,200 | 9,300 | - | 6,500 | - |
| BG nº 26 | 0,50 | 7,800 | 11,600 | - | 8,200 | - |
| BG nº 24 | 0,63 | 9,900 | 14,700 | - | 10,400 | - |
| BG nº 22 | 0,79 | 12,500 | 18,600 | - | 13,100 | 19,500 |
| BG nº 20 | 1,00 | 15,600 | 23,300 | - | 16,400 | 24,500 |
| BG nº 18 | 1,26 | 19,700 | 29,400 | - | 20,700 | 30,900 |
| BG nº 16 | 1,59 | 24,900 | 37,100 | - | 26,200 | 39,000 |
| BG nº 14 | 1,99 | 31,300 | 46,700 | - | 32,900 | 49,000 |
| BG nº 12 | 2,52 | 39,500 | 58,900 | - | 41,400 | - |
| 1/8" | 3,17 | 49,900 | 74,300 | 116,600 | - | - |
| 3/16" | 4,76 | 74,800 | 111,500 | 174,000 | - | - |
| 1/4" | 6,35 | 99,700 | 148,600 | 232,000 | - | - |
| 5/16" | 7,94 | 124,600 | 185,800 | 290,000 | - | - |
| 3/8" | 9,52 | 149,500 | 222,900 | 348,100 | - | - |
| 1/2" | 12,70 | 199,400 | 297,200 | 464,100 | - | - |

Tab 17-8. Chapas de ferro

| Peso aproximado, em Kg/m | | |
|---|---|---|
| **Bitola** | **Redondo** | **Quadrado** |
| 3/16" | 0,140 | 0,178 |
| 1/4" | 0,248 | 0,315 |
| 5/16" | 0,388 | 0,494 |
| 3/8" | 0,559 | 0,712 |
| 7/16" | 0,760 | 0,969 |
| 1/2" | 0,994 | 1,266 |
| 5/8" | 1,552 | 1,979 |
| 3/4" | 2,235 | 2,845 |
| 7/8" | 3,045 | 3,877 |
| 1" | 3,978 | 5,065 |
| 1 1/8" | 5,034 | 6,410 |
| 1 1/4" | 6,215 | 7,913 |
| 1 3/8" | 7,520 | 9,575 |
| 1 1/2" | 8,950 | 11,395 |
| 1 3/4" | 12,191 | 15,510 |
| 2" | 15,910 | 20,257 |
| 2 1/4" | 20,136 | 34,638 |
| 2 1/2" | 24,860 | 31,652 |
| 3" | 35,798 | 45,579 |
| 3 1/2" | 48,723 | 62,036 |
| 4" | 63,643 | 81,032 |

Tab 17-9. Ferro redondo e quadrado

| Peso aproximado, em kg/m | | | |
|---|---|---|---|
| **Bitola** | **Peso** | **Bitola** | **Peso** |
| 1/2" x 1/8" | 0,316 | 1" x 5/16" | 1,580 |
| 5/8" x 1/8" | 0,395 | 1 1/4" x 5/16" | 1,975 |
| 3/4" x 1/8" | 0,474 | 1 1/2" x 5/16" | 2,376 |
| 7/8" x 1/8" | 0,553 | 2" x 5/16" | 3,162 |
| 1" x 1/8" | 0,632 | | |
| 1 1/4" x 1/8" | 0,790 | 1" x 3/8" | 1,897 |
| 1 1/2" x 1/8" | 0,948 | 1 1/4" x 3/8" | 1,897 |
| 2" x 1/8" | 1,265 | 1 1/2" x 3/8" | 2,846 |
| | | 2" x 3/8" | 3,795 |
| | | 2 1/2" x 3/8" | 4,744 |
| 1/2" x 3/16" | 0,474 | 3" x 3/8" | 5,692 |
| 5/8" x 3/16" | 0,592 | | |
| 3/4" x 3/16" | 0,711 | 1" x 1/2" | 2,530 |
| 7/8" x 3/16" | 0,830 | 1 1/4"x 1/2" | 3,162 |
| 1" x 3/16" | 0,948 | 1 1/2"x 1/2" | 3,794 |
| 1 1/4" x 3/16" | 1,185 | 1 3/4" x 1/2" | 4,427 |
| 1 1/2" x 3/16" | 1,422 | 2" x 1/2" | 5,060 |
| 2" x 3/16" | 1,897 | 2 1/2" x 1/2" | 6,325 |
| 2 1/2" x 3/16" | 2,372 | 3" x 1/2" | 7,590 |
| | | 1 5/8" x 5/8" | 5,535 |
| 1/2" x 1/4" | 0,632 | 2" x 5/8" | 6,325 |
| 5/8" x 1/4" | 0,790 | 2 1/2" x 5/8" | 7,906 |
| 3/4" x 1/4" | 0,948 | 3" x 5/8" | 9,487 |
| 7/8" x 1/4" | 1,105 | | |
| 1" x 1/4" | 1,265 | 2" x 3/4" | 7,590 |
| 1 1/4" x 1/4" | 1,581 | 2 1/2" x 3/4" | 9,487 |
| 1 1/2" x 1/4" | 1,897 | 3" x 3/4" | 11,385 |
| 1 3/4" x 1/4" | 2,214 | 4" x 3/4" | 15,180 |
| 2" x 1/4" | 2,530 | | |
| 2 1/2" x 1/4" | 3,162 | 3" x 1" | 15,093 |
| 3" x 1/4" | 3,795 | 4" x 1" | 20,124 |

Tab 17-10. Ferro Chato

| Vigas de ferro "U" (Perfis normais) | | | | | Ferro "T" | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| NP | Altura (mm) | Largura (mm) | Espessura (mm) | Peso aprox. (kg/m) | Bitola | Peso aprox. (kg/m) |
| 8 | 80 | 45 | 6 | 8,640 | 1/2" x 1/8" | 0,510 |
| 10 | 100 | 50 | 6 | 10,600 | 3/4" x 1/8" | 0,910 |
| 12 | 120 | 55 | 7 | 13,400 | 7/8" x 1/8" | 1,090 |
| 14 | 140 | 60 | 7 | 16,000 | 1" x 1/8" | 1,240 |
| 16 | 160 | 65 | 7,5 | 18,800 | 1 1/8" x 1/8" | 1,440 |
| 18 | 180 | 70 | 8 | 22,000 | 1 1/4" x 1/8" | 1,620 |
| 20 | 200 | 75 | 8,5 | 25,300 | 1" x 3/16" | 1,790 |
| 22 | 220 | 80 | 9 | 29,400 | 1 1/8" x 3/16" | 2,040 |
| 24 | 240 | 85 | 9,5 | 33,200 | 1 1/4" x 3/16" | 2,310 |
| 26 | 260 | 90 | 10 | 37,900 | 1 1/2" x 3/16" | 2,830 |
| 28 | 280 | 95 | 10 | 41,800 | 1 3/4" x 3/16" | 3,360 |
| 30 | 300 | 100 | 10 | 46,200 | 1" x 1/4" | 2,290 |
| | | | | | 1 1/4" x 1/4" | 2,950 |
| | | | | | 1 1/2" x 1/4" | 3,500 |
| | | | | | 2" x 1/4" | 4,790 |
| | | | | | 2 1/2" x 1/4" | 6,060 |
| | | | | | 2" x 5/16" | 5,860 |
| | | | | | 2 1/2" x 5/16" | 7,440 |

Tab 17-11. Vigas de ferro em "U" e "T"

| Número do perfil | Bitolas | | | | | | | | Peso (kg/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Altura | | Largura da flange | | Espessura | | Espessura da flange | | |
| | mm | in | mm | in | mm | in | mm | in | |
| 8 | 80 | 3,149 | 42 | 1,653 | 3,9 | 0,153 | 5,9 | 0,232 | 5,950 |
| 10 | 100 | 3,937 | 50 | 1,968 | 4,5 | 0,177 | 6,8 | 0,267 | 8,320 |
| 12 | 120 | 4,724 | 58 | 2,283 | 5,1 | 0,200 | 7,7 | 0,303 | 11,200 |
| 14 | 140 | 5,511 | 66 | 2,598 | 5,7 | 0,224 | 8,6 | 0,338 | 14,400 |
| 16 | 160 | 6,299 | 74 | 2,913 | 6,3 | 0,248 | 9,5 | 0,374 | 17,900 |
| 18 | 180 | 7,086 | 82 | 3,228 | 6,9 | 0,271 | 10,4 | 0,409 | 21,900 |
| 20 | 200 | 7,874 | 90 | 3,543 | 7,5 | 0,295 | 11,3 | 0,444 | 26,300 |
| 22 | 220 | 8,661 | 98 | 3,858 | 8,1 | 0,318 | 12,2 | 0,480 | 31,100 |
| 24 | 240 | 9,448 | 106 | 4,173 | 8,7 | 0,342 | 13,1 | 0,516 | 36,200 |
| 26 | 260 | 10,236 | 113 | 4,448 | 9,4 | 0,370 | 14,1 | 0,555 | 41,900 |
| 28 | 280 | 11,023 | 119 | 4,685 | 10,1 | 0,397 | 15,2 | 0,598 | 48,000 |
| 30 | 300 | 11,811 | 125 | 4,921 | 10,8 | 0,425 | 16,2 | 0,637 | 54,200 |
| 32 | 320 | 12,598 | 131 | 5,157 | 11,5 | 0,452 | 17,3 | 0,681 | 61,100 |
| 34 | 340 | 13,385 | 137 | 5,393 | 12,2 | 0,480 | 18,3 | 0,720 | 68,100 |
| 36 | 360 | 14,173 | 143 | 5,629 | 13,0 | 0,511 | 19,5 | 0,767 | 76,200 |
| 38 | 380 | 14,960 | 149 | 5,866 | 13,7 | 0,539 | 20,5 | 0,807 | 84,000 |
| 40 | 400 | 15,748 | 155 | 6,102 | 14,4 | 0,566 | 21,6 | 0,850 | 92,600 |
| 42 1/2 | 425 | 16,732 | 163 | 6,417 | 15,3 | 0,602 | 23,0 | 0,905 | 104,000 |
| 45 | 450 | 17,716 | 170 | 6,692 | 16,2 | 0,637 | 24,3 | 0,956 | 115,000 |
| 47 1/2 | 475 | 18,700 | 178 | 7,007 | 17,1 | 0,673 | 25,6 | 1,007 | 128,000 |
| 50 | 500 | 19,685 | 185 | 7,283 | 18,0 | 0,708 | 27,0 | 1,062 | 141,000 |
| 55 | 550 | 21,653 | 200 | 7,874 | 19,0 | 0,748 | 30,0 | 1,181 | 167,000 |
| 60 | 600 | 23,662 | 215 | 8,464 | 21,6 | 0,850 | 32,4 | 1,275 | 199,000 |

**NOTAS** - A presente tabela refere-se aos perfis normais alemães
- Com referência aos pesos, admite-se uma tolerância de 4% para mais ou para menos

Tab 17-12. Vigas de ferro em duplo "T"

| Bitola USG | Espessura | | Kg/pé² | | Kg/m² | | Bitola USG | Espessura | | Kg/pé² | | Kg/m² | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | in | mm | preta | galv. | preta | galv. | | in | mm | preta | galv. | preta | galv. |
| - | 1 | 25,40 | 18,505 | - | 199,200 | - | 14 | 5/64 | 1,98 | 1,417 | 1,488 | 15,260 | 16,024 |
| - | 7/8 | 22,23 | 16,192 | - | 174,300 | - | 15 | 9/128 | 1,79 | 1,276 | 1,347 | 13,730 | 14,494 |
| - | 3/4 | 19,05 | 13,880 | - | 149,400 | - | 16 | 1/16 | 1,59 | 1,134 | 1,205 | 12,210 | 12,974 |
| - | 5/8 | 15,88 | 11,566 | - | 124,500 | - | 17 | 9/160 | 1,43 | 1,021 | 1,092 | 10,990 | 11,754 |
| 0000000 | 1/2 | 12,70 | 9,072 | - | 97,650 | - | 18 | 1/20 | 1,27 | 0,907 | 0,978 | 9,765 | 10,529 |
| 00000 | 7/16 | 11,11 | 7,938 | - | 85,550 | - | 19 | 7/160 | 1,11 | 0,794 | 0,865 | 8,544 | 9,308 |
| 000 | 3/8 | 9,53 | 6,804 | - | 73,240 | - | 20 | 3/80 | 0,95 | 0,680 | 0,751 | 7,324 | 8,088 |
| 0 | 5/16 | 7,93 | 5,670 | - | 61,030 | - | 21 | 11/32 | 0,87 | 0,624 | 0,695 | 6,713 | 7,477 |
| 3 | 1/4 | 6,35 | 4,536 | - | 48,820 | - | 22 | 1/32 | 0,79 | 0,567 | 0,638 | 6,103 | 6,867 |
| 5 | 7/32 | 5,56 | 3,969 | - | 42,720 | - | 23 | 9/320 | 0,71 | 0,510 | 0,581 | 5,490 | 6,254 |
| 7 | 3/16 | 4,76 | 3,402 | - | 36,620 | - | 24 | 1/40 | 0,64 | 0,454 | 0,525 | 4,882 | 5,646 |
| 8 | 11/64 | 4,37 | 3,118 | - | 33,570 | - | 25 | 7/320 | 0,56 | 0,397 | 0,468 | 4,272 | 5,036 |
| 9 | 5/32 | 3,97 | 2,835 | - | 30,520 | - | 26 | 3/160 | 0,48 | 0,340 | 0,411 | 3,662 | 4,426 |
| 10 | 9/64 | 3,57 | 5,552 | - | 27,460 | - | 27 | 11/64 | 0,44 | 0,312 | 0,383 | 3,357 | 4,121 |
| 11 | 1/8 | 3,18 | 2,268 | 2,339 | 24,410 | 25,17 | 28 | 1/64 | 0,40 | 0,284 | 0,355 | 3,052 | 3,816 |
| 12 | 7/64 | 2,78 | 1,984 | 2,055 | 21,360 | 22,12 | 29 | 9/640 | 0,36 | 0,255 | 0,326 | 2,746 | 3,510 |
| 13 | 3/32 | 2,38 | 1,701 | 1,772 | 18,310 | 19,07 | 30 | 1/80 | 0,32 | 0,227 | 0,298 | 2,441 | 3,205 |

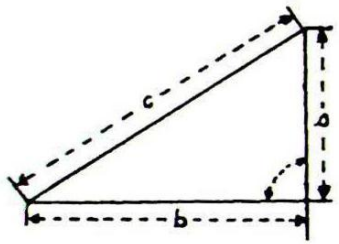
Tab 17-13. Chapas pretas e galvanizadas

| Bitola | Peso aprox. (Kg/m) | Bitola | Peso aprox. (Kg/m) |
|---|---|---|---|
| 1/2"x1/8" | 0,570 | 1 1/2"x5/16" | 4,260 |
| 3/4"x1/8" | 0,860 | 1 3/4"x5/16" | 5,050 |
| 7/8"x1/8" | 1,040 | 2"x5/16" | 5,830 |
| 1"x1/8" | 1,270 | 2 1/4"x5/16" | 6,620 |
| 1 1/8"x1/8" | 1,350 | 2 1/2"x5/16" | 7,410 |
| 1 1/4"x1/8" | 1,520 | 2 3/4"x5/16" | 8,200 |
| 1 1/2"x1/8" | 1,830 | 3"x5/16" | 8,990 |
| 1 3/4"x1/8" | 2,140 | | |
| 2"x1/8" | 2,460 | 1"x3/16" | 4,990 |
| | | 1 1/8"x3/16" | 5,940 |
| 1 1/4"x1/4" | 1,730 | 1 1/4"x3/16" | 6,990 |
| 1 1/2"x1/4" | 1,960 | 1 1/2"x3/16" | 7,890 |
| 1 3/4"x1/4" | 2,190 | 1 3/4"x3/16" | 8,780 |
| 2"x1/4" | 2,660 | 2"x3/16" | 9,820 |
| 2 1/4"x1/4" | 3,150 | 2 1/4"x3/16" | 10,690 |
| 2 1/2"x1/4" | 3,630 | 2 1/2"x3/16" | 12,580 |
| 2 3/4"x1/4" | 4,090 | 2 3/4"x3/16" | 14,410 |
| 3"x1/4" | 4,570 | | |
| 1 1/2"x3/8" | 2,860 | 2 1/4"x1/2" | 10,120 |
| 1 3/4"x3/8"* | 3,480 | 2 1/2"x1/2" | 11,460 |
| 2"x3/8" | 4,120 | 2 3/4"x1/2" | 12,650 |
| 2 1/4"x3/8" | 4,750 | 3"x1/2" | 13,930 |
| 2 1/2"x3/8" | 5,390 | 3 1/2"x1/2" | 16,440 |
| 2 3/4"x3/8" | 6,100 | 4"x1/2" | 18,970 |
| 3"x3/8" | 6,700 | 4 1/2"x1/2" | 21,520 |
| 3 1/2"x3/8" | 7,290 | 5"x1/2" | 24,030 |

Tab 17-14. Cantoneiras

## 17-8. FIGURAS GEOMÉTRICAS

### a. Triângulo Retângulo



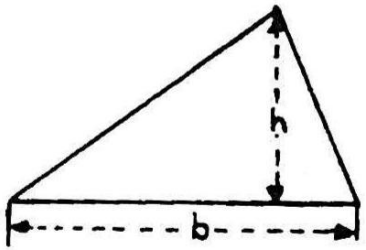

$A = 1/2\ ab$

$a = \sqrt{(c^2-b^2)}$

$b = \sqrt{(c^2-a^2)}$

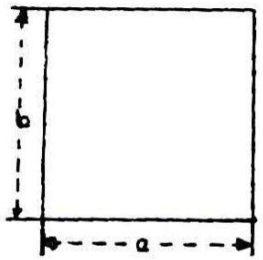
$c = \sqrt{(a^2+b^2)}$

### b. Triângulo obliquângulo



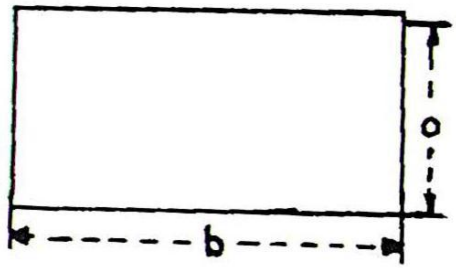

$A = 1/2\ bh$

### c. Quadrado



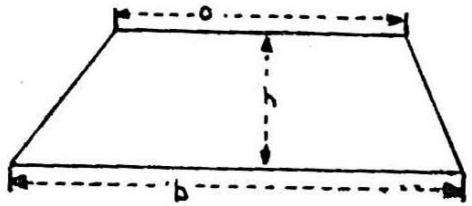

$A = a^2$

**d. Retângulo**



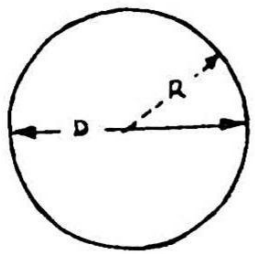

$A = ab$

**e. Trapézio**



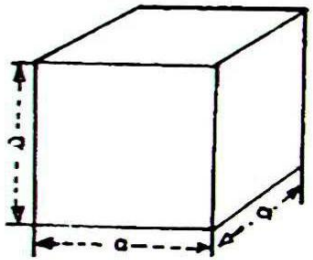

$A = 1/2h\ (a+b)$

**f. Círculo**



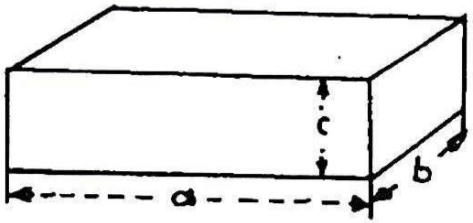

$A = 3.1416\ R^2$
$A = 0.7854\ D^2$
$C = 3.1416\ D$

**g. Cubo**



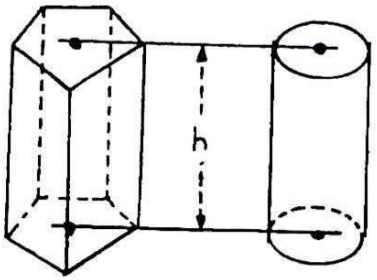

$V = a^3$

**h. Paralelepípedo Retângulo**




V = abc

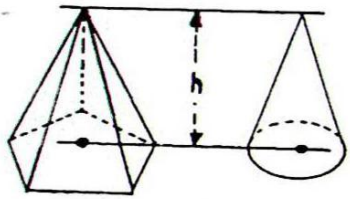
**i. Prisma e Cilindro**




V = área da base x altura

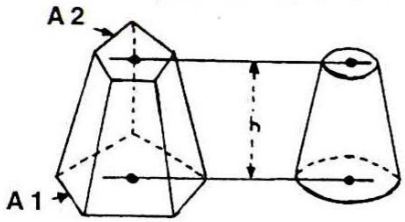
**NOTA** - Determinar a área da base do prisma, dividindo-a em triângulos ou retângulos.

**j. Pirâmides e cones**



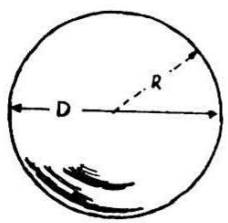

V = 1/3 da área da base x altura

**l. Tronco de pirâmide ou de cone**




$$V = 1/3\ h\ (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2}\ )$$

**m. Esfera**




$V = 1/6\ \pi\ D^3$
$V = 4/3\ \pi\ R^3$

| Grossura | | Peso (kg) |
|---|---|---|
| fieira Z G | mm | |
| 5 | 0,25 | 3,500 |
| 6 | 0,30 | 4,200 |
| 7 | 0,35 | 4,900 |
| 8 | 0,40 | 5,600 |
| 9 | 0,45 | 6,300 |
| 10 | 0,50 | 7,000 |
| 11 | 0,58 | 8,100 |
| 12 | 0,66 | 9,200 |
| 13 | 0,74 | 10,400 |
| 14 | 0,82 | 11,500 |

Tab 17-15. Chapas lisas de zinco

$a = b + c - 2bc \cos A$

$b = a \,.\, C - 2ac \cos B$

$a = a\_ + b - 2ab \cos C$

$s = (a + b + c) / 2$




$a = c + b$

$b = c - a$

$c = a + b$

**TRIÂNGULO RETÂNGULO**

| DADO | Achar | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | a | b | c | Área |
| a, b | $tg\ A = a/b$ | $tg\ S = b/a$ | 90° | | | $\sqrt{a^2 + b^2}$ | $ab / 2$ |
| a, c | $sen\ A = a/c$ | $\cos B = a/c$ | 90° | | $\sqrt{c^2 + a^2}$ | | $\frac{a}{2}\sqrt{c^2 + a^2}$ |
| A, a | | 90° - A | 90° | | $a \cos A$ | $a / sen\ A$ | $\frac{a^2 \cos A}{2}$ |
| A, b | | 90° - A | 90° | $b\ tg\ A$ | | $b / \cos A$ | $\frac{b^2\ tg\ A}{2}$ |
| A, c | | 90° - A | 90° | $c\ sen\ A$ | $c \cos A$ | | $\frac{c^2\ sen\ 2A}{4}$ |

**TRIÂNGULO RETÂNGULO**

| DADO | Achar | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | a | b | c | Área |
| a, b, c | $\cos \frac{1}{2} A = \sqrt{\frac{s(s-a)}{bc}}$ | $\cos \frac{1}{2} B = \sqrt{\frac{s(s-b)}{dc}}$ | $\cos \frac{1}{2} C = \sqrt{\frac{s(s-c)}{ac}}$ | | | | $\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$ |
| a, A, B | | | 180° - (A + B) | | $\frac{a\ sen\ B}{sen\ A}$ | $\frac{a\ sen\ C}{sen\ A}$ | |
| a, b, A | | $sen\ B = \frac{b\ sen\ A}{a}$ | | | | $\frac{b\ sen\ C}{sen\ B}$ | |
| a, b, C | $tg\ A = \frac{a\ sen\ C}{b - a \cos C}$ | | | | | $\sqrt{a^2 + b^2 - 2\ ab \cos C}$ | $\frac{ab\ sen\ C}{2}$ |

Tab 17-16. Resolução trigonométrica dos triângulos

## 17-10. FUNÇÕES TRIGONOMÉTRICAS

| Ang | Sen | Cosec | Tg | Cotg | Sec | Cos | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0° | 0.000 | | 0.000 | | 1.000 | 1.000 | 90° |
| 1° | .017 | 57.300 | .017 | 57.290 | 1.000 | 1.000 | 89° |
| 2° | .035 | 28.650 | .035 | 28.640 | 1.001 | .999 | 88° |
| 3° | .052 | 19.110 | .052 | 19.080 | 1.001 | .999 | 87° |
| 4° | .070 | 14.340 | .070 | 14.300 | 1.002 | .998 | 86° |
| 5° | .087 | 11.470 | .087 | 11.430 | 1.004 | .996 | 85° |
| 6° | .105 | 9.567 | .105 | 9.514 | 1.006 | .995 | 84° |
| 7° | .122 | 8.206 | .123 | 8.144 | 1.008 | .993 | 83° |
| 8° | .139 | 7.185 | .141 | 7.115 | 1.010 | .990 | 82° |
| 9° | .156 | 6.392 | .158 | 6.314 | 1.012 | .988 | 81° |
| 10° | .174 | 5.759 | .176 | 5.671 | 1.015 | .985 | 80° |
| 11° | .191 | 5.241 | .194 | 5.145 | 1.019 | .982 | 79° |
| 12° | .208 | 4.810 | .213 | 4.705 | 1.022 | .978 | 78° |
| 13° | .225 | 4.445 | .231 | 4.331 | 1.026 | .974 | 77° |
| 14° | .242 | 4.134 | .249 | 4.011 | 1.031 | .970 | 76° |
| 15° | .259 | 3.864 | .268 | 3.732 | 1.035 | .966 | 75° |
| 16° | .276 | 3.628 | .287 | 3.487 | 1.040 | .961 | 74° |
| 17° | .292 | 3.420 | .306 | 3.271 | 1.046 | .956 | 73° |
| 18° | .309 | 3.236 | .325 | 3.078 | 1.051 | .951 | 72° |
| 19° | .326 | 3.072 | .344 | 2.904 | 1.058 | .946 | 71° |
| 20° | .342 | 2.924 | .364 | 2.747 | 1.064 | .940 | 70° |
| 21° | .358 | 2.790 | .384 | 2.605 | 1.071 | .934 | 69° |
| 22° | .375 | 2.669 | .404 | 2.475 | 1.079 | .927 | 68° |
| 23° | .391 | 2.559 | .424 | 2.356 | 1.086 | .921 | 67° |
| 24° | .407 | 2.459 | .445 | 2.246 | 1.095 | .914 | 66° |
| 25° | .423 | 2.366 | .466 | 2.145 | 1.103 | .906 | 65° |
| 26° | .438 | 2.281 | .488 | 2.050 | 1.113 | .899 | 64° |
| 27° | .454 | 2.203 | .510 | 1.963 | 1.122 | .891 | 63° |
| 28° | .469 | 2.130 | .532 | 1.881 | 1.133 | .883 | 62° |
| 29° | .485 | 2.063 | .554 | 1.804 | 1.143 | .875 | 61° |
| 30° | .500 | 2.000 | .577 | 1.732 | 1.155 | .866 | 60° |
| 31° | .515 | 1.942 | .601 | 1.664 | 1.167 | .857 | 59° |
| 32° | .530 | 1.887 | .625 | 1.600 | 1.179 | .848 | 58° |
| 33° | .545 | 1.836 | .649 | 1.540 | 1.192 | .839 | 57° |
| 34° | .559 | 1.788 | .675 | 1.483 | 1.206 | .829 | 56° |
| 35° | .574 | 1.743 | .700 | 1.428 | 1.221 | .819 | 55° |
| 36° | .588 | 1.701 | .727 | 1.376 | 1.236 | .809 | 54° |
| 37° | .602 | 1.662 | .754 | 1.327 | 1.252 | .799 | 53° |
| 38° | .616 | 1.624 | .781 | 1.280 | 1.269 | .788 | 52° |
| 39° | .629 | 1.589 | .810 | 1.235 | 1.287 | .777 | 51° |
| 40° | .643 | 1.556 | .839 | 1.192 | 1.305 | .766 | 50° |
| 41° | .656 | 1.524 | .869 | 1.150 | 1.325 | .755 | 49° |
| 42° | .669 | 1.494 | .900 | 1.111 | 1.346 | .743 | 48° |
| 43° | .682 | 1.466 | .933 | 1.072 | 1.367 | .731 | 47° |
| 44° | .695 | 1.440 | .966 | 1.036 | 1.390 | .719 | 46° |
| 45° | .707 | 1.414 | 1.000 | 1.000 | 1.414 | .707 | 45° |
| | Cos | Sec | Cotg | Tg | Cosec | Sen | Ang |

Tab 17-17. Funções trigonométricas naturais

## 17-11. FUNÇÕES NUMÉRICAS

| Número | Quadrado | Cubo | Raiz Quadrada | Raiz Cúbica | Número | Quadrado | Cubo | Raiz Quadrada | Raiz Cúbica |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1.000 | 1.000 | 51 | 2601 | 132651 | 7.141 | 3.708 |
| 2 | 4 | 8 | 1.414 | 1.259 | 52 | 2704 | 140608 | 7.211 | 3.732 |
| 3 | 9 | 27 | 1.734 | 1.442 | 53 | 2809 | 148877 | 7.280 | 3.756 |
| 4 | 16 | 64 | 2.000 | 1.587 | 54 | 2916 | 157464 | 7.348 | 3.779 |
| 5 | 25 | 125 | 2.236 | 1.710 | 55 | 3025 | 166375 | 7.416 | 3.803 |
| 6 | 36 | 216 | 2.449 | 1.817 | 56 | 3136 | 175616 | 7.483 | 3.825 |
| 7 | 49 | 343 | 2.645 | 1.913 | 57 | 3249 | 185193 | 7.549 | 3.848 |
| 8 | 64 | 512 | 2.828 | 2.000 | 58 | 3364 | 195112 | 7.615 | 3.870 |
| 9 | 81 | 729 | 3.000 | 2.080 | 59 | 3481 | 205379 | 7.681 | 3.893 |
| 10 | 100 | 1000 | 3.162 | 2.154 | 60 | 3600 | 216000 | 7.746 | 3.914 |
| 11 | 121 | 1331 | 3.316 | 2.224 | 61 | 3721 | 266981 | 7.810 | 9.936 |
| 12 | 144 | 1728 | 3.464 | 2.289 | 62 | 3844 | 238328 | 7.874 | 9.957 |
| 13 | 169 | 2197 | 3.605 | 2.351 | 63 | 3969 | 250047 | 7.937 | 9.979 |
| 14 | 196 | 2744 | 3.741 | 2.410 | 64 | 4096 | 262144 | 8.000 | 4.000 |
| 15 | 225 | 3375 | 3.873 | 2.466 | 65 | 4225 | 274625 | 8.062 | 4.020 |
| 16 | 256 | 4096 | 4.000 | 2.519 | 66 | 4356 | 287496 | 8.124 | 4.041 |
| 17 | 289 | 4913 | 4.123 | 2.571 | 67 | 4489 | 300763 | 8.185 | 4.061 |
| 18 | 324 | 5832 | 4.242 | 2.620 | 68 | 4624 | 314432 | 8.246 | 4.081 |
| 19 | 361 | 6859 | 4.358 | 2.668 | 69 | 4761 | 328509 | 8.306 | 4.101 |
| 20 | 400 | 8000 | 4.472 | 2.714 | 70 | 4900 | 343000 | 8.366 | 4.121 |
| 21 | 441 | 9261 | 4.582 | 2.758 | 71 | 5041 | 357911 | 8.426 | 4.140 |
| 22 | 484 | 10648 | 4.690 | 2.802 | 72 | 5184 | 373248 | 8.485 | 4.160 |
| 23 | 529 | 12167 | 4.795 | 2.843 | 73 | 5329 | 389017 | 8.544 | 4.179 |
| 24 | 576 | 13824 | 4.899 | 2.884 | 74 | 5476 | 405224 | 8.602 | 4.198 |
| 25 | 625 | 15625 | 5.000 | 2.924 | 75 | 5625 | 421875 | 8.660 | 4.217 |
| 26 | 676 | 17576 | 5.099 | 2.962 | 76 | 5776 | 438976 | 8.717 | 4.235 |
| 27 | 729 | 49683 | 5.196 | 3.000 | 77 | 5929 | 456533 | 8.775 | 4.254 |
| 28 | 784 | 21952 | 5.291 | 3.036 | 78 | 6084 | 474552 | 8.831 | 4.272 |
| 29 | 841 | 24389 | 5.385 | 3.072 | 79 | 6241 | 493039 | 8.888 | 4.290 |
| 30 | 900 | 27000 | 5.477 | 3.107 | 80 | 6400 | 512000 | 8.944 | 4.308 |
| 31 | 961 | 29791 | 5.567 | 3.141 | 81 | 6561 | 531441 | 9.000 | 4.326 |
| 32 | 1024 | 32768 | 5.656 | 3.174 | 82 | 6724 | 551368 | 9.055 | 4.344 |
| 33 | 1089 | 35937 | 5.744 | 3.207 | 83 | 6889 | 571787 | 9.110 | 4.362 |
| 34 | 1156 | 39304 | 5.831 | 3.239 | 84 | 7056 | 592704 | 9.165 | 4.379 |
| 35 | 1225 | 42875 | 5.916 | 3.271 | 85 | 7225 | 614125 | 9.219 | 4.396 |
| 36 | 1296 | 46656 | 6.000 | 3.301 | 86 | 7396 | 636056 | 9.273 | 4.414 |
| 37 | 1369 | 50563 | 6.082 | 3.332 | 87 | 7569 | 658503 | 9.327 | 4.431 |
| 38 | 1444 | 54872 | 6.164 | 3.362 | 88 | 7744 | 681472 | 9.380 | 4.448 |
| 39 | 1521 | 59319 | 6.245 | 3.391 | 89 | 7921 | 704969 | 9.434 | 4.464 |
| 40 | 1600 | 64000 | 6.324 | 3.420 | 90 | 8100 | 729000 | 9.486 | 4.481 |
| 41 | 1681 | 68921 | 6.403 | 3.448 | 91 | 8281 | 735571 | 9.539 | 4.497 |
| 42 | 1764 | 74088 | 6.480 | 3.476 | 92 | 8464 | 778688 | 9.591 | 4.514 |
| 43 | 1849 | 79507 | 6.557 | 3.503 | 93 | 8649 | 804357 | 9.643 | 4.530 |
| 44 | 1936 | 85184 | 6.633 | 3.530 | 94 | 8836 | 830584 | 9.695 | 4.546 |
| 45 | 2025 | 91125 | 6.708 | 3.556 | 95 | 9025 | 857375 | 9.746 | 4.562 |
| 46 | 2116 | 97336 | 6.782 | 3.583 | 96 | 9216 | 884736 | 9.798 | 4.578 |
| 47 | 2209 | 103823 | 6.855 | 3.608 | 97 | 9409 | 912673 | 9.848 | 4.594 |
| 48 | 2304 | 110592 | 6.928 | 3.634 | 98 | 9604 | 941192 | 9.899 | 4.610 |
| 49 | 2401 | 117649 | 7.000 | 3.659 | 99 | 9801 | 970299 | 9.949 | 4.626 |
| 50 | 2500 | 125000 | 7.071 | 3.684 | 100 | 10000 | 1000000 | 10.000 | 4.641 |

Tab 17-18. Quadrado, cubo, raiz quadrada e raiz cúbica dos números de 1 a 100

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/32 | .03125 | 5/32 | .15625 | 9/32 | .28125 | 13/32 | .40625 |
| 1/16 | .0625 | 3/16 | .1875 | 5/16 | .3125 | 7/16 | .4375 |
| 3/32 | .09375 | 7/32 | .21875 | 11/32 | .34375 | 15/32 | .46875 |
| 1/8 | 125 | 1/4 | 25 | 3/8 | 375 | 1/2 | 5 |
| 17/32 | .53125 | 21/32 | 65625 | 25/32 | .78125 | 29/32 | .90625 |
| 9/16 | .5625 | 11/16 | .6875 | 13/16 | .8125 | 15/16 | .9375 |
| 19/32 | .59375 | 23/32 | .71875 | 27/32 | .84375 | 31/32 | .96875 |
| 5/8 | 625 | 3/4 | 75 | 7/8 | 875 | 1 | 1 |

Tab 17-19. Frações de Polegadas

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0.0833 | 0.1667 | 0.2500 | 0.3333 | 0.4167 | 0.5000 | 0.5833 | 0.6667 | 0.7500 | 0.8333 | 0.9167 |
| 1/16 | .0052 | .0885 | .1719 | .2552 | .3385 | .4219 | .5052 | .5885 | .6719 | .7552 | .8385 | .9219 |
| 1/8 | .0104 | .0938 | .1771 | .2604 | .3438 | .4271 | .5104 | .5938 | .6771 | .7604 | .8438 | .9271 |
| 3/16 | .0156 | .0990 | .1823 | .32656 | .3490 | .4323 | .5156 | .5990 | .6823 | .7656 | .8490 | .9323 |
| 1/4 | .0208 | .1042 | .1875 | .2708 | .3542 | .4375 | .5208 | .6042 | .6875 | .7708 | .8542 | .9375 |
| 5/16 | .260 | .1094 | .1927 | .2760 | .3594 | .4427 | .5260 | .6094 | .6927 | .7760 | .8594 | .9427 |
| 3/8 | .313 | .1146 | .1979 | .2813 | .3646 | .4479 | .5313 | .6146 | .6979 | .7813 | .9646 | .9479 |
| 7/16 | .365 | .1198 | .2031 | .2865 | .3698 | .4531 | .5365 | .6198 | .7031 | .7865 | .8698 | .9531 |
| 1/2 | .417 | .1250 | .2083 | .2917 | .3750 | .4583 | .5417 | .6250 | .7083 | .7917 | .8750 | .9583 |
| 9/16 | .469 | .1302 | .2135 | .2969 | .3802 | .4635 | .5469 | .6302 | .7135 | .7969 | .8802 | .9635 |
| 5/8 | .521 | .1354 | .2188 | .3021 | .3854 | .4688 | .5521 | .6354 | .7188 | .8021 | .8854 | .9688 |
| 11/16 | .573 | .1406 | .2240 | .3073 | .3906 | .4740 | .5573 | .6406 | .7240 | .8073 | .8906 | .9740 |
| 3/4 | .625 | .1458 | .2292 | .3125 | .3958 | .4792 | .5625 | .6458 | .7292 | .8125 | .8958 | .9792 |
| 13/16 | .677 | .1510 | .2344 | .3177 | .4010 | .4844 | .5677 | .6510 | .7344 | .8177 | .9010 | .9844 |
| 7/8 | .729 | .1563 | .2396 | .3229 | .4063 | .4896 | .5729 | .6563 | .7396 | .8229 | .9063 | .9896 |
| 15/16 | .781 | .1615 | .2448 | .3281 | .4115 | .4948 | .5781 | .6615 | .7448 | .8281 | .9115 | .9948 |

Tab 17-20. Transformação de polegada em decimais de pé

## 17-13. FATORES DE CONVERSÃO

| MULTIPLICAR | POR | PARA OBTER |
|---|---|---|
| Abampére-espirais | 10 | Ampéres-espirais |
| Abcoulombs por centímetro quadrado | 64,52 | Coulombs por polegada quadrada |
| Abfarads | $10^9$ | Farads |
| Abohms | $10^{-9}$ | Ohms |
| Acres | 40,4684 | Ares |
| Acres | 0,40447 | Hectares |
| Acres | 4.840 | Jardas quadradas |
| Acres | 4.047 | Metros quadrados |
| Acres | $1.562 \times 10^{-6}$ | Milhas quadradas |
| Acres | 43.560 | Pés quadrados |
| Acres | $4.047 \times 10^{-6}$ | Quilômetros quadrados |
| Acres | 6.272.640 | Polegadas quadradas |
| Acres-pé | 43.560 | Pés cúbicos |
| Acres-pé | 1.233,5 | Metros cúbicos |
| Alqueire mineiro | 48.400 | Metros quadrados |
| Alqueire nortista | 24.225 | Metros quadrados |
| Alqueire paulista | 24.200 | Metros quadrados |
| Ampéres | 0,1 | Abampéres |
| Ampéres | $3 \times 10^9$ | Statampéres |
| Ampéres por centímetro quadrado | 6,452 | Ampéres por polegada quadrada |
| Ampéres por polegada quadrada | 0,1550 | Ampéres por centímetro quadrado |
| Anos (comum) | 365 | Dias |
| Anos (comum) | 8.760 | Horas |
| Anos (bissextos) | 366 | Dias |
| Anos (bissextos) | 8.784 | Horas |
| Ares | $2.472 \times 10^{-5}$ | Acres |
| Ares | $1 \times 10^{-2}$ | Hectares |
| Ares | 119,6 | Jardas quadradas |
| Ares | 100 | Metros quadrados |
| Ares | 1.076,394 | Pés-quadrados |
| Arrobas | 33,07 | Libras |
| Arrobas | 529,11 | Onças |
| Arrobas | 15 | Quilogramas |
| Arrobas | 0,15 | Quintais |
| Atmosferas | 14,70 | Libras por polegada quadrada |
| Atmosferas | 10.332 | Quilogramas por metro quadrado |
| Atmosferas | 76 | Centímetro de mercúrio |
| Atmosferas | 33,90 | Pés de água |
| Atmosferas | 29,92 | Polegadas de mercúrio |
| Atmosferas | 1,058 | Toneladas por pé quadrado |
| "Board feet" | 1 | Pés cúbicos de tábuas |
| "Board feet" | 144 | Polegadas cúbicas |
| Btu (*) | 10,411 | Atmosfera-litro |
| Btu | 778,3 | Pés-libra |
| Btu | $3,931 \times 10^{-4}$ | HP horas |
| Btu | 1.055 | Joules |
| Btu | 0,2520 | Quilocalorias |
| Btu | 1074,6 | Quilogrâmetros |
| Btu | $2,930 \times 10^{-4}$ | Quilowatts-hora |
| BTU (***) | 3.417 | Btu |
| BTU | 1,34 | Cavalo-hora |

Tab 17-21. Fatores de conversão

| MULTIPLICAR | POR | PARA OBTER |
|---|---|---|
| BTU | 860 | Kcal |
| BTU | 1 | Quilowatts-hora |
| Btu por libra | 0,556 | Kcal por quilograma(**) |
| Btu por pé cúbico | 8,899 | Kcal por metro cúbico |
| Btu por minuto | 12,97 | Libras-pés por seg |
| Btu por minuto | 0,02357 | HP |
| Btu por minuto | 0,01758 | Quilowatts |
| Btu por minuto | 17,58 | Watts |
| Btu por pés² por minuto | 0,1221 | Watts por pol² |
| Bushels (americanos) | 0,969 | Bushels (ingleses) |
| Bushels | 32 | Quarts (para secos) |
| Bushels | 0,35239 | Hectolitros |
| Bushels | 35,239 | Litros |
| Bushels | 1,244 | Pés cúbicos |
| Bushels | 2150,4 | Polegadas cúbicas |
| Bushels | 4 | Pecks |
| Bushels | 0,03524 | Metros cúbicos |
| Bushels | 64 | Pintas (para secos) |
| Bushels (ingleses) | 1,032 | Bushels (americanos) |
| Bushels | 36,35 | Litros |
| Bushels | 231 | Polegadas cúbicas |
| (*) BTU (abreviaturas em letras minúsculas) significa ""British thermal unit".<br>(**) Kcal é o símbolo de grande caloria.<br>(***) BTU (abreviatura em letras maiúsculas) significa ""Bord of Trade Unit | | |
| Calorias-grama | $3,968 \times 10^{-3}$ | Btu |
| Cavalos-hora | 632 | Grandes calorigas |
| Cavalos-hora | $27 \times 10^4$ | Quilogrâmetros |
| Cavalos-hora | 0,746 | Quilowatts-hora |
| Cavalo-vapor | $33 \times 10^3$ | Pés-libra por minuto |
| Cavalo-vapor | 550 | Pés-libra por segundo |
| Cavalo-vapor | 76 | Quilogrâmetros por segundo |
| Cavalo-vapor | 0,7457 | Quilowatts |
| Cavalo-vapor | 745,7 | Watts |
| Centigramas | 0,001 | Decagramas |
| Centigramas | 0,1 | Decigramas |
| Centigramas | 9,807 | Dines |
| Centigramas | 0,01 | Gramas |
| Centigramas | 0,0001 | Hectogramas |
| Centigramas | 0,000022046 | Libras |
| Centigramas | 10 | Miligramas |
| Centigramas | 0,00035274 | Onças |
| Centigramas | 0,00001 | Quilogramas |
| Centilitros | 0,001 | Decalitros |
| Centilitros | 0,1 | Decilitros |
| Centilitros | 0,01 | Decímetros cúbicos |
| Centilitros | 0,01 | Litros |
| Centilitros | 10 | Mililitros |
| Centilitros | 0,00035315 | Pés cúbicos |
| Centilitros | 0,610234 | Polegadas cúbicas |
| Centímetros | 0,1 | Decímetros |
| Centímetros | 0,011 | Jardas |
| Centímetros | 0,01 | Metros |
| Centímetros | 10 | Milímetros |
| Centímetros | 0,032808 | Pés |
| Centímetros | 0,39370147 | Polegadas |
| Centímetros cúbicos | 0,001 | Decímetros cúbicos |
| Centímetros cúbicos | 0,00026417 | Galões |
| Centímetros cúbicos | 0,001 | Litros |

Tab 17-21. Fatores de conversão (continuação)

| MULTIPLICAR | POR | PARA OBTER |
|---|---|---|
| Centímetros cúbicos | 0,000001 | Metros cúbicos |
| Centímetros cúbicos | 1 | Mililitros |
| Centímetros cúbicos | 1.000 | Milímetros cúbicos |
| Centímetros cúbicos | 0,0000352 | Pés cúbicos |
| Centímetros cúbicos | 0,061024 | Polegadas cúbicas |
| Centímetros cúbicos por metro | 0,0186 | Polegadas cúbicas por pé |
| Centímetros de coluna de mercúrio | 0,193 | Libras por polegada quadrada |
| Centímetros por segundo | 0,035 | Quilômetros por hora |
| Centímetros quadrados | 0,01 | Decímetros quadrados |
| Centímetros quadrados | 0,00012 | Jardas quadradas |
| Centímetros quadrados | 0,0001 | Metros quadrados |
| Centímetros quadrados | 100 | Milímetros quadrados |
| Centímetros quadrados | 0,001076 | Pés quadrados |
| Centímetros quadrados | 0,155006 | Polegadas quadradas |
| Centímetros quadrados por metro | 21,2 | Polegadas quadradas por pé |
| Circular mil-pés | 9,425 x 10-6 | Polegadas cúbicas |
| Circular mils | 5,067 x 10-6 | Centímetros quadrados |
| Circular mils | 7,854 x 10-7 | Polegadas quadradas |
| Circular mils | 0,7854 | Mils quadrados |
| Cord-feet | 16 | Pés cúbicos |
| Cords | 128 | Pés cúbicos |
| Coulombs | 0,1 | Abcoulombs |
| Coulombs | 3 x 109 | Statcoulombs |
| Coulombs por polegada quadrada | 0,01550 | Abcoulombs por centímetros quadrados |
| Coulombs por polegada quadrada | 0,1550 | Coulombs por centímetros quadrados |
| Coulombs por polegada quadrada | 4,650 x 108 | Statcoulombs por centímetros quadrados |
| Decagramas | 10.000 | Miligramas |
| Decagramas | 1.000 | Centigramas |
| Decagramas | 100 | Decigramas |
| Decagramas | 10 | Gramas |
| Decagramas | 0,1 | Hectogramas |
| Decagramas | 0,01 | Quilogramas |
| Decagramas | 0,02205 | Libras |
| Decagramas | 0,3527 | Onças |
| Decalitros | 10.000 | Mililitros |
| Decalitros | 1.000 | Centilitros |
| Decalitros | 100 | Decilitros |
| Decalitros | 10 | Litros |
| Decalitros | 0,1 | Hectolitros |
| Decalitros | 10 | Decímetros cúbicos |
| Decalitros | 0,01 | Metros cúbicos |
| Decalitros | 2,642 | Galões |
| Decalitros | 2,2 | Gaões ingleses |
| Decalitros | 0,35315 | Pés cúbicos |
| Decâmetros | 10 | Metros |
| Decâmetros | 0,1 | Hectômetros |
| Decâmetros | 10,93616 | Jardas |
| Decâmetros | 5,46808 | Braças |
| Decâmetros | 32,80815 | Pés |
| Decigramas | 0,0001 | Quilogramas |
| Decigramas | 0,001 | Hectogramas |
| Decigramas | 0,01 | Decagramas |
| Decigramas | 0,1 | Gramas |
| Decigramas | 10 | Centigramas |
| Decigramas | 100 | Miligramas |
| Decigramas | 98,07 | Dinas |

Tab 17-21. Fatores de conversão (continuação)

| MULTIPLICAR | POR | PARA OBTER |
|---|---|---|
| Decigramas | 0,00022046 | Libras |
| Decigramas | 0,003527 | Onças |
| Decilitros | 0,001 | Hectolitros |
| Decilitros | 0,01 | Decalitros |
| Decilitros | 0,1 | Litros |
| Decilitros | 10 | Centilitros |
| Decilitros | 100 | Mililitros |
| Decilitros | 0,1 | Decimetros cúbicos |
| Decilitros | 0,0035315 | Pes cúbicos |
| Decilitros | 6,10234 | Polegadas cúbicas |
| Decimetros | 0,1 | Metros |
| Decimetros | 10 | Centimetros |
| Decimetros | 100 | Milimetros |
| Decimetros | 0,10936 | Jardas |
| Decimetros | 0,32808 | Pés |
| Decimetros | 3,9370147 | Polegadas |
| Decimetros cúbicos | 0,1 | Decalitros |
| Decimetros cúbicos | 1 | Litros |
| Decimetros cúbicos | 10 | Decilitros |
| Decimetros cúbicos | 100 | Centilitros |
| Decimetros cúbicos | 1.000 | Mililitros |
| Decimetros cúbicos | 0,001 | Metros cúbicos |
| Decimetros cúbicos | 1.000 | Centímetro cúbicos |
| Decímetros cúbicos | 0,26417 | Galões |
| Decímetros cúbicos | 0,001308 | Jardas cúbicas |
| Decímetros cúbicos | 0,03531 | Pés cúbicos |
| Decímetros cúbicos | 61,024 | Polegadas cúbicas |
| Decímetros quadrados | 0,01 | Metros quadrados |
| Decímetros quadrados | 100 | Centímetro quadrados |
| Decímetros quadrados | 10.000 | Milímetros quadrados |
| Decímetros quadrados | 0,10764 | Pés quadrados |
| Decímetros quadrados | 15,5006 | Polegadas quadradas |
| Dias | 0,1428543 | Semanas |
| Dias | 24 | Horas |
| Dias | 1.440 | Minutos |
| Dias | 86.400 | Segundos |
| Dinas | 0,00102 | Gramas |
| Dinas | 0,0102 | Decigramas |
| Dinas | 1,02 | Miligramas |
| Dinas | 0,000002248 | Pounds |
| Dinas | 0,00007233 | Poundais |
| Ergs | $9,480 \times 10^{-11}$ | Btu |
| Ergs | 1 | Dina-centímetro |
| Ergs | $7,378 \times 10^{-8}$ | Pé-libra |
| Ergs | $1,020 \times 10^{-3}$ | Gramas-centímetro |
| Ergs | $10^{-7}$ | Joules |
| Ergs | $1,020 \times 10^{-8}$ | Quilogrâmetros |
| Ergs | $2,389 \times 10^{-11}$ | Quilocalorias |
| Ergs por segundo | $5,688 \times 10^{-9}$ | Btu por minuto |
| Ergs por segundo | $4,427 \times 10^{-6}$ | Pé-libra por minuto |
| Ergs por segundo | $7,378 \times 10^{-8}$ | Pé-libra por segundo |
| Ergs por segundo | $1,341 \times 10^{-10}$ | Cavalo-vapor |
| Ergs por segundo | $1,433 \times 10^{-9}$ | Quilocalorias por minuto |
| Ergs por segundo | $10^{-10}$ | Quilowatts |
| Esteres | $10^{3}$ | Litros |
| Farads | $10^{-9}$ | Abfarads |

Tab 17-21. Fatores de conversão (continuação)

| MULTIPLICAR | POR | PARA OBTER |
|---|---|---|
| Farads | $10^6$ | Microfarads |
| Farads | $9 \times 10^{11}$ | Statfarads |
| Fathoms (braças inglesas) | 6 | Pés |
| Furlongs | 0,125 | Milhas terrestres |
| Furlongs (estádios) | 40 | Rods |
| Furlongs | 201,1673 | Metros |
| Galões | 3.785 | Centímetros cúbicos |
| Galões | 0,1337 | Pés cúbicos |
| Galões | 231 | Polegadas cúbicas |
| Galões | $3,785 \times 10^{-3}$ | Metros cúbicos |
| Galões | $4,951 \times 10^{-3}$ | Jardas cúbicas |
| Galões | 3,785 | Litros |
| Galões | 8 | Pintas (líquidas) |
| Galões | 4 | Quartos (líquidos) |
| Galões por minuto | $2,228 \times 10^{3}$ | Pés cúbicos por segundo |
| Galões por minuto | 0,06308 | Litros por segundo |
| Galões por minuto | 8,0208 | Pés cúbicos por hora |
| Galões ingleses | 1,200095 | Galões americanos |
| Galões ingleses | 4,5438 | Litros |
| Galões ingleses | 0,0045438 | Metros cúbicos |
| Galões ingleses | 0,160538 | Pés cúbicos |
| Galões ingleses | 277,26 | Polegadas cúbicas |
| Gausses | 6,452 | Linhas por polegada quadrada |
| Gilberts | 0,07958 | Abampére-espiras |
| Gilberts | 0,7958 | Ampére-espiras |
| Gilberts por centímetro | 2,021 | Ampére-espira por polegada |
| Gills | 0,1183 | Litros |
| Gills | 0,25 | Pintas (líquidas) |
| Gramas por centímetro | $5,600 \times 10^{-3}$ | Libras por polegada |
| Gramas | 980,7 | Dinas |
| Gramas | 15,43 | Grãos |
| Gramas | $10^{-3}$ | Quilogramas |
| Gramas | $10^{3}$ | Miligramas |
| Gramas | 0,03527 | Onças |
| Gramas | 0,03215 | Onças (peso de Troi) |
| Gramas | 0,07093 | Poundais |
| Grama por caloria | $3,968 \times 10^{-3}$ | Btu |
| Grama por centímetros | $9,297 \times 10^{-8}$ | Btu |
| Grama por centímetros | 980,7 | Ergs |
| Grama por centímetros | $7,235 \times 10^{-5}$ | Pé por libras |
| Grama por centímetros | $9,807 \times 10^{-5}$ | Joules |
| Grama por centímetros | $2,343 \times 10^{-8}$ | Quilocalorias |
| Grama por centímetros | $10^{-5}$ | Quilogrâmetros |
| Gramas por centímetro cúbico | 62,43 | Libras por pé cúbico |
| Gramas por centímetro cúbico | 0,03613 | Libras por polegada cúbica |
| Gramas por centímetro cúbico | $3,405 \times 10^{-7}$ | Libras por mil pés |
| Grãos | 0,06480 | Gramas |
| Grãos | 0,04167 | Pennyweights |
| Graus (ângulo) | 1,111111 | Grados |
| Graus (ângulo) | 60 | Minutos |
| Graus (ângulo) | 0,1745 | Radianos |
| Graus (ângulo) | 3.600 | Segundos |
| Graus (ângulo) | 17,78 | Milésimos |
| Graus C + 17,8 | 1,8 | Graus F |
| Graus F - 32 | 0,5556 | Graus C |
| Graus por segundo | 0,1745 | Radianos por segundo |
| Graus por segundo | 0,1667 | Rotações por minuto |
| Graus por segundo | 0,002778 | Rotações por segundo |

Tab 17-21. Fatores de conversão (continuação)

| MULTIPLICAR | POR | PARA OBTER |
|---|---|---|
| Hectares | 2,471063 | Acres |
| Hectares | 100 | Ares |
| Hectares | 11.960 | Jardas quadradas |
| Hectares | 10.000 | Metros quadrados |
| Hectares | 107.639,4 | Pés quadrados |
| Hectares | 0,01 | Quilômetros quadrados |
| Hectogramas | 10 | Decagramas |
| Hectogramas | 1.000 | Decigramas |
| Hectogramas | 10.000 | Centigramas |
| Hectogramas | 100 | Gramas |
| Hectogramas | 0,000022046 | Libras |
| Hectogramas | 100.000 | Miligramas |
| Hectogramas | 0,0003527 | Onças |
| Hectogramas | 0,1 | Quilogramas |
| Hectolitros | 10 | Decalitros |
| Hectolitros | 1.000 | Decilitros |
| Hectolitros | 100 | Decímetros cúbicos |
| Hectolitros | 26,42 | Galões americanos |
| Hectolitros | 22 | Galões ingleses |
| Hectolitros | 100 | Litros |
| Hectolitros | 0,1 | Metros cúbicos |
| Hectolitros | 3,5315 | Pés cúbicos |
| Hectolitros | 6.102,34 | Polegadas cúbicas |
| Hectômetros | 10 | Decâmetros |
| Hectômetros | 109,3616 | Jardas |
| Hectômetros | 0,016666 | Léguas |
| Hectômetros | 100 | Metros |
| Hectômetros | 0,0621372 | Milhas terrestres |
| Hectômetros | 328,08 | Pés |
| Hectômetros | 0,1 | Quilômetros |
| Hectowatts | 100 | Watts |
| Hemistérios (ângulos sólidos) | 6,283 | Estero-radianos |
| Horas | 0,04167 | Dias |
| Horas | 60 | Minutos |
| Horas | 3.600 | Segundos |
| Horas | 0,005952 | Semanas |
| Horse-power | 42,40 | Btu por minuto |
| Horse-power-hora | 2.544 | Btu |
| Horse-power (caldeira) | 33,520 | Btu por hora |
| Horse-power (caldeira) | 9,804 | Quilowatts |
| Hundredweight | 112 | Libras |
| Hundredweight | 50,8024 | Quilogramas |
| Jardas | 0,5 | Braças |
| Jardas | 91,4398 | Centímetros |
| Jardas | 9,14398 | Decímetros |
| Jardas | 0,914398 | Metros |
| Jardas | 0,00057 | Milhas |
| Jardas | 914,398 | Milímetros |
| Jardas | 3 | Pés |
| Jardas | 36 | Polegadas |
| Jardas cúbicas | 764.551 | Centímetros cúbicos |
| Jardas cúbicas | 764,551 | Decímetros cúbicos |
| Jardas cúbicas | 764,551 | Litros |
| Jardas cúbicas | 0,764551 | Metros cúbicos |
| Jardas cúbicas | 27 | Pés cúbicos |
| Jardas cúbicas por minuto | 45,87 | Metros cúbicos por hora |

Tab 17-21. Fatores de conversão (continuação)

| MULTIPLICAR | POR | PARA OBTER |
|---|---|---|
| Jardas por hora | 0,000493 | Nós |
| Jardas quadradas | 0,0002066 | Acres |
| Jardas quadradas | 0,0008361 | Ares |
| Jardas quadradas | 8.361,245 | Centímetros quadrados |
| Jardas quadradas | 0,8361245 | Metros quadrados |
| Jardas quadradas | 9 | Pés quadrados |
| Jardas quadradas | 1.296 | Polegadas quadradas |
| Joules | 1.000.000 | Ergs |
| Joules | 0,000239 | Grandes calorias |
| Joules | 0,239 | Pequenas calorias |
| Joules | 0,737308 | Pés-libra |
| Joules | $9,480 \times 10^{-4}$ | Btu |
| Joules | 0,1020 | Quilogrâmetros |
| Joules | $2,778 \times 10^{-4}$ | Watts-hora |
| Knots (comprimento) | 6.080 | Pés |
| Knots | 1,853 | Quilômetros |
| Knots | 1,152 | Milhas |
| Knots | 2.027 | Jardas |
| Knots (velocidade) | 51,48 | Centímetros por segundo |
| Knots | 1,689 | Pés por segundo |
| Knots | 1,853 | Quilômetros por hora |
| Knots | 1,152 | Milhas por hora |
| Léguas | 3.280,5 | Braças |
| Léguas | 600 | Decâmetros |
| Léguas | 60 | Hectômetros |
| Léguas | 6.563,496 | Jardas |
| Léguas | 6.000 | Metros |
| Léguas | 3,72 | Milhas |
| Léguas | 6 | Quilômetros |
| Libras | 444,823 | Dinas |
| Libras | 32,17 | Poundais |
| Libras | 0,0302 | Arrobas |
| Libras | 45.359,244 | Centigramas |
| Libras | 45,359244 | Decagramas |
| Libras | 4.535,9244 | Decigramas |
| Libras | 453,59244 | Gramas |
| Libras | 4,5359244 | Hectogramas |
| Libras | 453.592,44 | Miligramas |
| Libras | 16 | Onças |
| Libras | 0,45359244 | Quilogramas |
| Libras | 0,022 | Quintais |
| Libras (Troi) | 0,8229 | Libras (Av) |
| Libras d'água | 0,1198 | Galões |
| Libras d'água | 0,00045 | Metros cúbicos |
| Libras d'água | 0,01603 | Pés cúbicos |
| Libras por jarda | 0,496 | Quilogramas por metro |
| Libra por mil galões | 0,1198 | Gramas por libra |
| Libras por pé cúbico | 0,016 | Gramas por centímetro cúbico |
| Libras por pé cúbico | 16 | Quilogramas por metro cúbico |
| Libras por pé quadrado | 0,016018 | Pés de coluna d'água |
| Libras por pé quadrado | 4,88 | Quilogramas por metro quadrado |
| Libras por polegada | 0,178 | Quilogramas por centímetro |
| Libras por polegada cúbica | 27,7 | Gramas por centímetro cúbico |
| Libras de água por minuto | $2,669 \times 10^{-4}$ | Pés cúbicos por segundo |
| Libras por pé | $1,356 \times 10^{7}$ | Centímetros-dina |
| Libras por pé | 13.825 | Centímetros-grama |

Tab 17-21. Fatores de conversão (continuação)

| MULTIPLICAR | POR | PARA OBTER |
|---|---|---|
| Libras por pé | 0,1383 | Metros por quilograma |
| Libras por pé | 1,48 | Quilogramas por metro |
| Libras por polegada quadrada | 0,06804 | Atmosferas |
| Libras por polegada quadrada | 5,17144 | Centimetro de coluna de mercúrio |
| Libras por polegada quadrada | 2,307 | Pés de água |
| Libras por polegada quadrada | 2,036 | Polegada de coluna de mercúrio |
| Libras por polegada quadrada | 0,070323 | Quilogramas por centimetro quadrado |
| Libras por polegada quadrada | 703,23 | Quilogramas por metro quadrado |
| Libras por polegada quadrada | 144 | Libras por pé quadrado |
| Litros | 100 | Centilitros |
| Litros | 1.000 | Centilitros cúbicos |
| Litros | 0,1 | Decalitros |
| Litros | 10 | Decilitros |
| Litros | 1 | Decimetros cúbicos |
| Litros | 0,2642 | Galões |
| Litros | 0,22 | Galões ingleses |
| Litros | 0,01 | Hectolitros |
| Litros | 0,0013 | Jardas cúbicas |
| Litros | 0,001 | Metros cúbicos |
| Litros | 1.000 | Mililitros |
| Litros | 1.000.000 | Milimetros cúbicos |
| Litros | 33,814 | Onças fluidas |
| Litros | 0,035315 | Pés cúbicos |
| Litros | 61,0234 | Polegadas cúbicas |
| Litros | 1 | Quilogramas d'água |
| Litros | 2,113 | Pintas líquidas |
| Litros | 1,057 | Quartos líquidos |
| Litros por quilômetro | 0,426 | Milhas por galão |
| Litros por segundo | 15,852 | Galões por minuto |
| Links | 201,1662 | Milímetros |
| Links (topografia) | 7,92 | Polegadas |
| Links (engenharia) | 12 | Polegadas |
| Log10N | 2,303 | LnN |
| LnN | 0,4343 | Log10N |
| Lumens por pé quadrado | 1 | Vela por pé |
| Metros | 0,001 | Quilômetros |
| Metros | 10 | Decímetro |
| Metros | 100 | Centímetro |
| Metros | 1.000 | Milímetro |
| Metros | 0,546808 | Braças |
| Metros | 1,093616 | Jardas |
| Metros | 0,000166 | Léguas |
| Metros | 3,280851 | Pés |
| Metros | 39,37 | Polegadas |
| Metros | 0,00062 | Milhas |
| Metros cúbicos | 1.000.000 | Centímetros cúbicos |
| Metros cúbicos | 100 | Decalitros |
| Metros cúbicos | 1.000 | Decímetros cúbicos |
| Metros cúbicos | 264,17 | Galões |
| Metros cúbicos | 220,097 | Galões ingleses |
| Metros cúbicos | 10 | Hectolitros |
| Metros cúbicos | 1,307957 | Jardas cúbicas |
| Metros cúbicos | 2.204,6 | Libras de água |
| Metros cúbicos | 1.000 | Litros |
| Metros cúbicos | 35,31485 | Pés cúbicos |
| Metros cúbicos | 1.000 | Quilogramas d'água |

Tab 17-21. Fatores de conversão (continuação)

| MULTIPLICAR | POR | PARA OBTER |
|---|---|---|
| Metros cúbicos | 0,353148 | Toneladas de registro |
| Metros cúbicos | 0,852 | Toneladas marítimas |
| Metros cúbicos | 61.020 | Polegadas cúbicas |
| Metros cúbicos por hora | 0,021799 | Jardas cúbicas por minuto |
| Metros cúbicos por hora | 0,59 | Pés cúbicos por minuto |
| Metros cúbicos por minuto | 4,402833 | Galões por segundo |
| Metros cúbicos por quilogramas | 16,1 | Pés cúbicos por libra |
| Metros cúbicos por segundo | 15.850,2 | Galões por minuto |
| Metros de coluna d'água | 0,0967 | Atmosferas |
| Metros de coluna d'água | 0,1 | Atmosferas técnicas |
| Metros de coluna d'água | 1,423 | Libras por polegadas quadradas |
| Metros por hora | 0,00054 | Nós |
| Metros por minuto | 0,0372 | Milhas por hora |
| Metros por minuto | 0,06 | Quilômetros por hora |
| Metros por minuto | 0,05468 | Pés por segundo |
| Metros por minuto | 3,281 | Pés por minuto |
| Metros por minuto | 1,667 | Centímetros por segundo |
| Metros por segundo | 196,851 | Pés por minuto |
| Metros por segundo | 2,237 | Milhas por hora |
| Metros por segundo | 0,03728 | Milhas por minuto |
| Metros por segundo | 1,9455 | Nós |
| Metros por segundo | 3,281 | Pés por segundo |
| Metros por segundo | 3,6 | Quilômetros por hora |
| Metros por segundo | 0,06 | Quilômetros por minuto |
| Metros quadrados | 0,0002471 | Acres |
| Metros quadrados | 0,01 | Ares |
| Metros quadrados | 10.000 | Centímetros quadrados |
| Metros quadrados | 100 | Decímetros |
| Metros quadrados | 0,0001 | Hectares |
| Metros quadrados | 1,195996 | Jardas quadradas |
| Metros quadrados | 1.000.000 | Milímetros quadrados |
| Metros quadrados | 10,7639 | Pés quadrados |
| Metros quadrados | 1.550,06 | Polegadas quadradas |
| Metros quadrados | 0,0000003861 | Milhas quadradas |
| Milésimos | 0,0625 | Grados |
| Milésimos | 0,05625 | Graus |
| Milésimos | 3,375 | Minutos |
| Milésimos | 202,50 | Segundos |
| Milhas terrestres | 1.760 | Jardas |
| Milhas terrestres | 0,2956 | Léguas |
| Milhas terrestres | 1.609,3296 | Metros |
| Milhas terrestres | 0,8689 | Milhas marítimas (Brasil) |
| Milhas terrestres | 0,8683 | Milhas marítimas (EEUU) |
| Milhas terrestres | 0,8684 | Milhas marítimas (Ingl) |
| Milhas terrestres | 5.280 | Pés |
| Milhas terrestres | 1,6093296 | Quilômetros |
| Milhas Marítimas (Br., Fr., Al.) | 1.852 | Metros |
| Milhas Marítimas (Br., Fr., Al.) | 1,1508 | Milhas terrestres |
| Milhas Marítimas (Br., Fr., Al.) | 6.076,10 | Pés |
| Milhas Marítimas (Br., Fr., Al.) | 1,852 | Quilômetros |
| Milhas Marítimas (Br., Fr., Al.) | 2.025,91 | Jardas |
| Milhas Marítimas (EEUU, Ingl.) | 1.853,248 | Metros |
| Milhas Marítimas | 1,1516 | Milhas terrestres |
| Milhas Marítimas | 6.080,27 | Pés |
| Milhas Marítimas | 1,853248 | Quilômetros |
| Milhas Marítimas por hora | 1 | Nós |
| Milhas terrestres por hora | 0,447 | Metros por segundo |

Tab 17-21. Fatores de conversão (continuação)

| MULTIPLICAR | POR | PARA OBTER |
|---|---|---|
| Milhas terrestres por hora | 44,70 | Centímetros por segundo |
| Milhas terrestres por hora | 88 | Pés por minuto |
| Milhas terrestres por hora | 1,467 | Pés por segundo |
| Milhas terrestres por hora | 1,6093 | Quilômetros por hora |
| Milhas terrestres por hora | 0,8684 | Nós por hora |
| Milhas terrestres por hora | 26,82 | Metros por minuto |
| Milhas por minuto | 2,682 | Centímetros por segundo |
| Milhas por minuto | 88 | Pés por segundo |
| Milhas por minuto | 1,6093 | Quilômetros por minuto |
| Milhas por minuto | 0,8684 | Nós por hora |
| Milhas por minuto | 60 | Milhas por hora |
| Milhas por minuto | 27 | Metros por segundo |
| Milhas terrestres por galão | 2,35 | Litros por quilômetro |
| Milhas terrestres por galão | 0,425 | Quilômetros por litro |
| Milhas por galão inglês | 2,82 | Litros por quilômetro |
| Milhas por galão inglês | 0,355 | Quilômetros por litro |
| Milhas quadradas | 640 | Acres |
| Milhas quadradas | 27.880.000 | Pés quadrados |
| Milhas quadradas | 2,5899792 | Quilômetros quadrados |
| Milhas quadradas | 3.907.600 | Jardas quadradas |
| Milhas quadradas | 2.589.979,2 | Metros quadrados |
| Miligramas | 0,1 | Centigramas |
| Miligramas | 0,0001 | Decagramas |
| Miligramas | 0,01 | Decigramas |
| Miligramas | 0,9807 | Dinas |
| Miligramas | 0,0001 | Gramas |
| Miligramas | 0,00001 | Hectogramas |
| Miligramas | 0,000035274 | Onças |
| Miligramas | 0,000001 | Quilogramas |
| Mililitros | 0,01 | Centilitros |
| Mililitros | 1 | Centilitros cúbicos |
| Mililitros | 0,0001 | Decalitros |
| Mililitros | 0,001 | Decilitros |
| Mililitros | 0,001 | Decímetros cúbicos |
| Mililitros | 0,001 | Litros |
| Mililitros | 0,000035315 | Pés cúbicos |
| Mililitros | 0,0610234 | Polegadas cúbicas |
| Milímetros | 0,1 | Centímetros |
| Milímetros | 0,01 | Decímetros |
| Milímetros | 0,0011 | Jardas |
| Milímetros | 0,001 | Metros |
| Milímetros | 0,0032808 | Pés |
| Milímetros | 0,039370147 | Polegadas |
| Milímetros Cúbicos | 0,001 | Centímetros cúbicos |
| Milímetros Cúbicos | 0,000001 | Decímetros cúbicos |
| Milímetros Cúbicos | 0,000001 | Litros |
| Milímetros Cúbicos | 0,000000001 | Metros cúbicos |
| Milímetros Cúbicos | 0,000000035 | Pés cúbicos |
| Milímetros Cúbicos | 0,000061024 | Polegadas cúbicas |
| Milímetros de coluna d'água | 1 | Quilogramas por metro quadrado |
| Milímetros de coluna de mercúrio | 0,001315 | Atmosferas |
| Milímetros de coluna de mercúrio | 0,00136 | Atmosferas técnicas |
| Milímetros quadrados | 0,01 | Centímetros quadrados |
| Milímetros quadrados | 0,0001 | Decímetros quadrados |
| Milímetros quadrados | 0,000001 | Metros quadrados |
| Milímetros quadrados | 0,00001076 | Pés quadrados |
| Milímetros quadrados | 0,00155006 | Polegadas quadradas |
| Minutos (ângulo) | 0,018518 | Grados |

Tab 17-21. Fatores de conversão (continuação)

| MULTIPLICAR | POR | PARA OBTER |
|---|---|---|
| Minutos (ângulo) | 0,016666 | Graus |
| Minutos (ângulo) | 0,296 | Milésimos |
| Minutos (ângulo) | 0,00029 | Radianos |
| Minutos (ângulo) | 60 | Segundos |
| Minutos (tempo) | 0,000694 | Dias |
| Minutos (tempo) | 0,016666 | Horas |
| Minutos (tempo) | 60 | Segundos |
| Minutos (tempo) | 0,0000992 | Semanas |
| Nós | 2.027 | Jardas por hora |
| Nós | 1.852 | Metros por hora |
| Nós | 0,514 | Metros por segundo |
| Nós | 1 | Milhas marítimas por hora |
| Nós | 1,152 | Milhas por hora |
| Nós | 1,689 | Pés por segundo |
| Nós | 1,851851851 | Quilômetros por hora |
| Ohms | $10^9$ | Abohms |
| Ohms | $10^6$ | Microhms |
| Ohms | $1/9 \times 10^{-11}$ | Statohms |
| Onças | 0,0019 | Arrobas |
| Onças | 2.835 | Centigramas |
| Onças | 2,835 | Decagramas |
| Onças | 283,5 | Decigramas |
| Onças | 28,35 | Gramas |
| Onças | 0,2835 | Hectogramas |
| Onças | 0,0625 | Libras |
| Onças | 28.350 | Miligramas |
| Onças | 0,02835 | Quilogramas |
| Onças | 0,353 | Quintais |
| Onças fluidas | 1,805 | Polegadas cúbicas |
| Onças fluidas | 0,02957 | Litros |
| Onças (peso de troi) | 480 | Grãos |
| Onças (peso de troi) | 31,10 | Gramas |
| Onças (peso de troi) | 20 | Pennyweights (peso de troi) |
| Onças (peso de troi) | 0,0833 | Libras (peso de troi) |
| Onças por polegada quadrada | 0,0625 | Libras por polegada quadrada |
| Perches | 24,75 | Pés cúbicos |
| Pennyweights (peso de troi) | 24 | Grãos |
| Pennyweights (peso de troi) | 1,555 | Gramas |
| Pennyweights (peso de troi) | 0,05 | Onças (peso de troi) |
| Pequenas calorias | 0,001 | Grandes calorias |
| Pequenas calorias | 4,184 | Joules |
| Pequenas calorias | 3,088 | Pés por libra |
| Pequenas calorias | 0,4269 | Quilogrâmetros |
| Pés | 0,1667 | Braças |
| Pés | 30,4799735 | Centímetros |
| Pés | 3,04799735 | Decímetros |
| Pés | 0,333 | Jardas |
| Pés | 0,304799735 | Metros |
| Pés | 304,799735 | Milímetros |
| Pés | 12 | Polegadas |
| Pés cúbicos | 2.831,7 | Centilitros |
| Pés cúbicos | 28.317 | Centímetros cúbicos |
| Pés cúbicos | 2,8317 | Decalitros |
| Pés cúbicos | 283,17 | Decilitros |
| Pés cúbicos | 7,48052 | Galões |

Tab 17-21. Fatores de conversão (continuação)

| MULTIPLICAR | POR | PARA OBTER |
|---|---|---|
| Pés cúbicos | 6,27 | Galões ingleses Hectolitros |
| Pés cúbicos | 0,28317 | Jardas cúbicas |
| Pés cúbicos | 0,03704 | Libras d'água |
| Pés cúbicos | 62,38 | Litros |
| Pés cúbicos | 28,317 | Metros Cúbicos |
| Pés cúbicos | 0,028317 | Mililitros |
| Pés cúbicos | 28.317 | Polegadas cúbicas |
| Pés cúbicos | 1.728 | Toneladas de registro |
| Pés cúbicos | 0,01 | Toneladas marítimas |
| Pés cúbicos | 0,025 | Galões por minuto |
| Pés cúbicos por hora | 0,125 | Metros cúbicos por quilograma |
| Pés cúbicos por libra | 0,062 | Galões por segundo |
| Pés cúbicos por minuto | 0,1247 | Metros cúbicos por hora |
| Pés cúbicos por minuto | 1,694 | Galões por dia |
| Pés cúbicos por segundo | 646.315 | Galões por minuto |
| Pés cúbicos por segundo | 448,833 | Libras por pé quadrado |
| Pés de coluna d'água | 62,43 | Libras por polegada quadrada |
| Pés de coluna d'água | 0,4335 | Polegadas de coluna de mercúrio |
| Pés de coluna d'água | 0,8826 | Centímetros cúbicos |
| Pés cúbicos de tábua | 2.360,16 | Metros cúbicos |
| Pés cúbicos de tábua | 0,002360016 | Polegadas cúbicas |
| Pés cúbicos de tábua | 13.568.521,031 | Cavalos-hora |
| Pés-libra | 0,000324 | Ergs |
| Pés-libra | 1,356 | Grandes calorias |
| Pés-libra | 0,324 | Joules |
| Pés-libra | 0,138255 | Pequenas calorias |
| Pés-libra | 0,000000377 | Quilogrâmetros |
| Pés-libra | 0,0000303 | Quilowatts por hora |
| Pés-libra | 0,0000226 | Cavalos-vapor |
| Pés-libra por minuto | 0,001818 | Quilowatts |
| Pés-libra por minuto | 0,0056 | Cavalos-vapor |
| Pés-libra por segundo | 0,01136 | Metros por segundo |
| Pés por minuto | 0,01136 | Milhas por hora |
| Pés por minuto | 0,01828 | Quilômetros por hora |
| Pés por minuto | 0,6818 | Milhas por hora |
| Pés por segundo | 0,0114 | Milhas por minuto |
| Pés por segundo | 0,5921 | Nós |
| Pés por segundo | 1,097 | Quilômetros por hora |
| Pés por segundo | 0,000023 | Acres |
| Pés quadrados | 0,00093 | Ares |
| Pés quadrados | 929,034 | Centímetros quadrados |
| Pés quadrados | 9,29034 | Decímetros quadrados |
| Pés quadrados | 0,111 | Jardas quadradas |
| Pés quadrados | 0,0929034 | Metros quadrados |
| Pés quadrados | 92.903,4 | Milímetros quadrados |
| Pés quadrados | 144 | Polegadas quadradas |
| Pés quadrados | 30,48 | Centímetro por segundo por segundo |
| Pés por segundo por segundo | 0,6818 | Milhas por hora por segundo |
| Pés por segundo por segundo | 1,097 | Quilômetro por hora por segundo |
| Pés por segundo por segundo | 0,3048 | Metros por segundo por segundo |
| Pés por segundo por segundo | 0,473 | Litros |
| Pints (americanos) | 0,568 | Litros |
| Pints (ingleses) | 2,54 | Centímetros |
| Polegadas | 0,254 | Decímetros |
| Polegadas | 0,027777 | Jardas |
| Polegadas | 0,0254 | Metros |
| Polegadas | 25,4 | Milímetros |
| Polegadas | 0,083333 | Pés |
| Polegadas | 1,639 | Centilitros |

Tab 17-21. Fatores de conversão (continuação)

| MULTIPLICAR | POR | PARA OBTER |
|---|---|---|
| Polegadas cúbicas | 16,39 | Centímetros cúbicos |
| Polegadas cúbicas | 0,1639 | Decilitros |
| Polegadas cúbicas | 0,01639 | Decímetros cúbicos |
| Polegadas cúbicas | 0,01639 | Decímetros cúbicos |
| Polegadas cúbicas | 0,004329 | Galões |
| Polegadas cúbicas | 0,0036 | Galões ingleses |
| Polegadas cúbicas | 0,01639 | Litros |
| Polegadas cúbicas | 0,00001639 | Metros cúbicos |
| Polegadas cúbicas | 16,39 | Mililitros |
| Polegadas cúbicas | 16.390 | Milímetros cúbicos |
| Polegadas cúbicas | 0,00005787 | Pés cúbicos |
| Polegadas cúbicas | 0,006937 | Pés cúbicos de tábua |
| Polegadas cúbicas | 53,763 | Centímetros cúbicos por metro |
| Polegadas cúbicas por pé | 0,00245 | Atmosferas |
| Polegadas de coluna d'água | 0,03614 | Libras por polegadas quadradas |
| Polegadas de coluna d'água | 0,07355 | Polegadas de coluna de mercúrio |
| Polegadas de coluna d'água | 0,00254 | Quilogramas por centímetro quadrado |
| Polegadas de coluna d'água | 0,033 | Atmosferas |
| Polegadas de coluna de mercúrio | 0,4912 | Libras por polegada quadrada |
| Polegadas de coluna de mercúrio | 1,1329 | Pés de coluna d'água |
| Polegadas de coluna de mercúrio | 13,596 | Polegadas de coluna d'água |
| Polegadas de coluna de mercúrio | 0,0345 | Quilogramas por centímetro quadrado |
| Polegadas de coluna de mercúrio | 6,451578 | Centímetros quadrados |
| Polegadas quadradas | 0,06451578 | Decímetros quadrados |
| Polegadas quadradas | 0,0006451578 | Metros quadrados |
| Polegadas quadradas | 645,1578 | Milímetros quadrados |
| Polegadas quadradas | 0,006944 | Pés quadrados |
| Polegadas quadradas | 0,04724582 | Centímetros quadrados por metro |
| Polegadas quadradas por pé | 13,826 | Dinas |
| Poundals | 14,10 | Gramas |
| Poundals | 0,03108 | Libras |
| Poundals | 0,2 | Gramas |
| Quilates métricos | 0,0000037 | Cavalos-hora |
| Quilogrâmetros | 9.803.921 | Ergs |
| Quilogrâmetros | 0,002342 | Grandes calorias |
| Quilogrâmetros | 2,342 | Pequenas calorias |
| Quilogrâmetros | 7,233011 | Pés-libra |
| Quilogrâmetros | 0,01316 | Cavalos-vapor |
| Quilogrâmetros por segundo | 0,0098 | Quilowatts |
| Quilogrâmetros por segundo | 90 | Graus |
| Quadrante (ângulo) | 5.400 | Minutos |
| Quadrante (ângulo) | 1.571 | Radianos |
| Quadrante (ângulo) | 100 | Decâmetros |
| Quilômetros | 10 | Hectômetros |
| Quilômetros | 0,166666 | Léguas |
| Quilômetros | 1.000 | Metros |
| Quilômetros | 0,621372 | Milhas |
| Quilômetros | 0,539956 | Milhas marítimas (Br., Fr., Al.) |
| Quilômetros | 0,539614 | Milhas marítimas (EEUU) |
| Quilômetros | 0,539665 | Milhas marítimas (Ing) |
| Quilômetros | 3.280,8 | Pés |
| Quilômetros | 27,78 | Centímetros por segundo |
| Quilômetros por hora | 0,54 | Nós |
| Quilômetros por hora | 54,7 | Pés por minuto |
| Quilômetros por hora | 2,353 | Milhas por galão |
| Quilômetros por litro | 2,817 | Milhas por galão inglês |
| Quilômetros por litro | 247,105 | Acres |
| Quilômetros quadrados | 100 | Hectares |
| Quilômetros quadrados | 1.195.996 | Jardas quadradas |

Tab 17-21. Fatores de conversão (continuação)

| MULTIPLICAR | POR | PARA OBTER |
|---|---|---|
| Quilômetros quadrados | 1.000.000 | Metros quadrados |
| Quilômetros quadrados | 0,3861 | Milhas quadradas |
| Quilômetros quadrados | 10.760.000 | Pés quadrados |
| Quilômetros quadrados | 0,066666 | Arrobas |
| Quilogramas | 100.000 | Centigramas |
| Quilogramas | 100 | Decagramas |
| Quilogramas | 10.000 | Decigramas |
| Quilogramas | 1.000 | Gramas |
| Quilogramas | 10 | Hectogramas |
| Quilogramas | 2,2046223 | Libras |
| Quilogramas | 1.000.000 | Miligramas |
| Quilogramas | 35,274 | Onças |
| Quilogramas | 0,01 | Quintais |
| Quilogramas | 0,00110231 | Toneladas curtas |
| Quilogramas | 0,00098421 | Toneladas longas |
| Quilogramas | 0,001 | Toneladas (métricas) |
| Quilogramas d'água | 0,264 | Galões |
| Quilogramas d'água | 1 | Litros |
| Quilogramas d'água | 0,001 | Metros cúbicos |
| Quilogramas por centímetro | 5,6 | Libras por polegada |
| Quilogramas por centímetro cúbico | 36,1271 | Libras por polegada cúbica |
| Quilogramas por centímetro quadrado | 14,223335 | Libras por polegada quadrada |
| Quilogramas por centímetro quadrado | 393,7 | Polegada de coluna d'água |
| Quilogramas por centímetro quadrado | 29,13 | Polegadas de coluna de mercúrio |
| Quilogramas por centímetro quadrado | 10.000 | Quilogramas por metro quadrado |
| Quilogramas por centímetro quadrado | 10 | Toneladas por metro quadrado |
| Quilogramas por decímetro cúbico | 1 | Gramas por centímetro cúbico |
| Quilogramas por decímetro cúbico | 1 | Toneladas por metro cúbico |
| Quilogramas por decímetro cúbico | 0,027869 | Toneladas longas por pé cúbico |
| Quilogramas por metro | 2,015901 | Libras por jarda |
| Quilogramas por metro | 0,671967 | Libras por pé |
| Quilogramas por metro cúbico | 0,06243 | Libras por pé cúbico |
| Quilogramas por metro quadrado | 0,204815 | Libras por pé quadrado |
| Quilogramas por metro quadrado | 0,001422 | Libras por polegada quadrada |
| Quilogramas por metro quadrado | 1 | Milímetro de coluna d'água |
| Quilogramas por metro quadrado | 0,0001 | Quilogramas por centímetro quadrado |
| Quilogramas por milímetro quadrado | 1.422,333 | Libras por polegada quadrada |
| Quilogramas por milímetro quadrado | 0,635 | Toneladas longas por polegada quadrada |
| Quilowatts | 1,341 | Cavalos-vapor |
| Quilowatts | 44.247,8 | Pés-libra por minuto |
| Quilowatts | 102 | Quilogrâmetro por segundo |
| Quilowatts | 1.000 | Watts |
| Quilowatts-hora | 1,341 | Cavalos-hora |
| Quilowatts-hora | 860 | Grandes calorias |
| Quilowatts-hora | 267.000 | Quilogrâmetros |
| Quintais | 6,666 | Arrobas |
| Quintais | 45,35 | Libras |
| Quintais | 2,83 | Onças |
| Quintais | 100 | Quilogramas |
| Radianos | 0,637 | Quadrante |
| Radianos | 59,85 | Grados |
| Radianos | 57,3 | Graus |
| Radianos | 1.000 | Milésimos |
| Radianos | 3.438 | Minutos (ângulo) |
| Radianos | 206.280 | Segundos (ângulos) |
| Resmas | 500 | Folhas (ou peças) |
| Radianos por segundo | 57,30 | Graus por segundo |
| Radianos por segundo | 9,549 | Rotação por minuto |
| Radianos por segundo | 0,1592 | Rotações por segundo |

Tab 17-21. Fatores de conversão (continuação)

| MULTIPLICAR | POR | PARA OBTER |
|---|---|---|
| Radianos por segundo por segundo | 573,0 | Rotação por minuto |
| Radianos por segundo por segundo | 9.549 | Rotação por minuto |
| Radianos por segundo por segundo | 0,1592 | Rotação por segundo por segundo |
| Rotações | 360 | Graus |
| Rotações | 4 | Quadrantes |
| Rotações | 6,283 | Radianos |
| Rotações por minuto | 6 | Graus por segundo |
| Rotações por minuto | 0,1047 | Radianos por segundo |
| Rotações por minuto | 0,01667 | Rotações por segundo |
| Rods | 16,5 | Pés |
| Segundos (tempo) | $1,157 \times 10^{-5}$ | Dias |
| Segundos | $2,778 \times 10^{-4}$ | Horas |
| Segundos | $1,667 \times 10^{-2}$ | Minutos |
| Segundos | $1,654 \times 10^{-6}$ | Semanas |
| Segundos (ângulos) | $4,848 \times 10^{-6}$ | Radianos |
| Semanas | 168 | Horas |
| Semanas | 10,080 | Minutos |
| Semanas | 604,800 | Segundos |
| Semanas | 7 | Dias |
| Statampéres | $1/3 \times 10^{-10}$ | Abampéres |
| Statampéres | $1/3 \times 10^{-9}$ | Ampéres |
| Statcoulombs | $1/3 \times 10^{-10}$ | Abcoulombs |
| Statcoulombs | $1/3 \times 10^{-9}$ | Coulombs |
| Statfarads | $1/9 \times 10^{-20}$ | Abfarads |
| Statfarads | $1/9 \times 10^{-4}$ | Farads |
| Statohms | $9 \times 10^{20}$ | Abohms |
| Statohms | $9 \times 10^{11}$ | Ohms |
| Statvolts | $3 \times 10^{10}$ | Abvolts |
| Statvolts | 300 | Volts |
| Toneladas métricas | 2.204,62 | Libras |
| Toneladas métricas | 1,1023 | Toneladas curtas |
| Toneladas métricas | 0,9842 | Toneladas longas |
| Toneladas métricas | 1.000 | Quilogramas |
| Toneladas métricas por metro cúbico | 1 | Quilogramas por decímetro cúbico |
| Toneladas por metro quadrado | 0,1 | Quilogramas por centímetro quadrado |
| Toneladas de registro | 100 | Pés cúbicos |
| Toneladas de registro | 2,83167 | Metros cúbicos |
| Toneladas curtas (USA) | 2.000 | Libras |
| Toneladas curtas (USA) | 907,1853 | Quilogramas |
| Toneladas longas (inglesa) | 2.240 | Libras |
| Toneladas longas (inglesa) | 1,12 | Toneladas curtas |
| Toneladas longas (inglesa) | 1.016,047 | Quilogramas |
| Toneladas marítimas | 40 | Pés cúbicos |
| Toneladas marítimas | 1,133 | Metros cúbicos |
| Volts | $10^3$ | Abvolts |
| Volts | 1/300 | Statvolts |
| Volts por polegada | $3,937 \times 10^7$ | Abvolts por cm |
| Volts por polegada | $1,312 \times 10^7$ | Statvolts por cm |
| Varas | 2,777 | Pé |
| Varas | 33,333 | Polegada |
| Varas | 0,000526 | Milhas |
| Varas | 0,9259 | Jardas |
| Watts | 0,05688 | Btu por minuto |
| Watts | $10^7$ | Ergs por segundo |
| Watts | 44,27 | Pé-libras por minuto |

Tab 17-21. Fatores de conversão (continuação)

| MULTIPLICAR | POR | PARA OBTER |
|---|---|---|
| Watts | 0,7378 | Pé-libras por segundo |
| Watts | $1,341 \times 10^{-3}$ | Horse-power |
| Watts | 0,01433 | Kg-calorias por minuto |
| Watts | $10^{-3}$ | Quilowatts |
| Watt-horas | 3,413 | Btu |
| Watt-horas | 2,656 | Pé-libras |
| Watt-horas | $1,341 \times 10^{-3}$ | HP-horas |
| Watt-horas | 0,860 | Quilo-calorias |
| Watt-horas | 367,2 | Quilogrâmetros |
| Watt-horas | $10^{-3}$ | Quilowatt-horas |
| Webers | $10^{8}$ | Maxwell |

Tab 17-21. Fatores de conversão (continuação)

## 17-14. PRIMEIROS SOCORROS

### a. Generalidades

(1) Não mover o paciente até que seja conhecida a extensão do ferimento.

(2) Deitar o paciente numa posição confortável.

(3) Ao mover o paciente, fazê-lo com delicadeza. Facilitar-lhe a ventilação, resguardando-o do frio.

(4) Não tentar fazer muito. Quem não sabe tratar de feridos não deve procurar adivinhar.

### b. Tratamento de hemorragia

Em princípio, as pequenas hemorragias cessam depressa, em virtude dos coágulos de sangue que se formam na ferida. Para os casos mais difíceis, as medidas que se seguem são as mais indicadas para fazer cessar a hemorragia:

(1) Elevar o membro ferido, no caso de não haver fratura.

(2) Aplicar a pressão direta, por meio de uma atadura simples (bandagem).

(3) Quando o sangue jorra do ferimento, deve-se aplicar a pressão com o dedo, nos pontos de pressão situados entre o coração e o ferimento.

(4) O uso de um torniquete somente deve ser feito em último recurso: quando a hemorragia não diminui visivelmente em poucos minutos, quando o sangue está borbulhando do ferimento e após terem falhado todos os outros meios de fazê-lo estancar. O torniquete deve sempre ser colocado acima do ferimento e afrouxado por 10 ou 15 segundos em cada 20 minutos. Em caso de hemorragia abaixo do joelha ou do cotovelo, ele deve ser colocado acima dessas juntas. Uma vez posto em posição, não deve o torniquete ser removido, até que o paciente possa ser assistido por um oficial-médico. Caso o médico não apareça dentro de 2 a 3 horas e a hemorragia tiver cessado, o torniquete, mesmo assim, deve ser afrouxado, mas não removido. O ferido deve permanecer sob cuidadosa observação, assinalando-se a data e a hora em que o torniquete foi aplicado.

| Natureza do mal | Sintomas | Tratamento |
|---|---|---|
| Ferimentos | | Expor o ferimento e aplicar o antisséptico e a atadura contidos na carteira individual de primeiros socorros. Se for o caso, controlar a hemorragia e prevenir o choque. Providenciar a visita médica o mais cedo possível. |
| Choque | Faces pálidas, suor frio. Perda rápida do pulso. Respiração fraca. | Instalar o paciente confortavelmente, retirando-lhe a mochila e tudo o mais que estiver carregando. Afrouxar-lhe o cinto e as roupas. Manejá-lo delicadamente e o mínimo necessário. Se ele estiver em posição encolhida, verificar se existem ossos quebrados, antes de desencolhê-lo. Abaixar-lhe a cabeça e os ombros ou, se possível, levantar-lhe as pernas, para aumentar o fluxo de sangue para o cérebro. Se o chão for inclinado, virá-lo delicadamente, de modo que seus pés fiquem na parte elevada e a cabeça na parte baixa. Se está inconsciente, pô-lo com o rosto para baixo, caso venha a vomitar. Conservar o homem aquecido com um cobertor, capote ou japona. Pôr alguma coisa debaixo dele para protegê-lo do chão frio. Se o paciente puder engolir, dar-lhe café quente, leite ou água. Numa pessoa inconsciente, nunca derramar líquido algum pela garganta abaixo. |
| Queimaduras | PRIMEIRO GRAU: Pele avermelhada, mas sem bolhas. SEGUNDO GRAU: Pele empolada. TERCEIRO GRAU: Pele destruída ou partes carbonizadas. | Remover ou cortar cuidadosamente a roupa, na parte atingida. Não abrir as bolhas. Aplicar o ungüento para queimaduras contido na carteira de primeiros socorros. Cobrir a queimadura com gaze, atadura ou outro material desde que seja o mais limpo possível. Dar ao paciente comprimidos preventivos e fazê-lo beber bastante água. Na parte em que os tecidos estiverem carbonizados, não aplicar nenhuma atadura. Fazer curativos separados para cada uma das partes atingidas. Prevenir o choque. |
| Fraturas | Moleza sobre a lesão com dor ao movimento. Incapacidade para mover a parte lesada. Forma fora do natural (deformação). Inchação e descoramento. **NOTA:** Uma fratura poderá ou não apresentar todos estes sinais. Se não houver certeza da fratura, deve-se dar ao ferido o benefício da dúvida. | Há duas espécies de fraturas: (1) uma simples quebra de osso e (2) um osso quebrado com um ferimento que comunica a fratura com o exterior. Esta última (fratura exposta) pode ser causada por um osso quebrado que fura a pele ou por projétil ou estilhaço, que fura a carne e quebra o osso. Manter o paciente com o maior cuidado. Se existir um ferimento além da fratura, tratá-lo como qualquer outro ferimento, aplicando os curativos e dando os comprimidos preventivos. A maioria das fraturas exige a aplicação de talas. As pessoas com fratura de ossos longos devem receber o aparelho onde estiverem, antes de qualquer movimento ou transporte. O primeiro socorro em campanha pode requerer a improvisação de talas com qualquer material que se encontre à mão. A tala semicircular para perna, tipo Exército, entretanto, é o melhor aparelho para fraturas, principalmente quando aplicado por pessoal treinado. Os pormenores para sua aplicação constam do C 8-50 BANDAGEM e IMOBILIZAÇÃO. No caso de uma perna quebrada, o meio mais rápido de executar uma tala é amarrá-la à outra perna, pelo menos em dois lugares, acima e abaixo da fratura. |
| Insolação | Face ruborizada, pele seca, pulsação rápida e forte, olheiras, dor-de-cabeça, temperatura elevada. | Tirar o homem do sol e livrá-lo das roupas. Elevar-lhe a cabeça e os ombros. Aplicar compressas ou um banho de água fria ou fresca. Dar-lhe de beber água salgada fria. |
| Exaustão pelo calor; resulta da excessiva perda de água e sal do corpo | Suor profundo, palidez, tonteira e desmaio. | Remover a vítima para a sombra. Afrouxar-lhe as roupas e dar-lhe de beber água salgada fria. |
| Queimadura de frio (geladura) | Torpor. Os tecidos tornam-se descoloridos ou semelhantes a cera. Dor aguda apenas durante os acessos. | Aplicar inicialmente compressas frias, aquecendo-as gradativamente até a temperatura do corpo. Nunca friccionar a parte afetada. Os dedos enregelados podem ficar aquecidos sob as axilas ou colocados entre as coxas. Prevenir o choque. |
| Mordedura de cobra ou inseto venenoso | Torpor. Inchaço no local da picada. | Se a mordedura for no braço ou na perna, improvisar um torniquete e aplicá-lo acima do cotovelo ou joelho, entre a perna mordida e o coração. Em seguida fazer cortes em cruz sobre cada ferimento produzido pelas presas da cobra a fim de facilitar franca hemorragia. Chupar o veneno do ferimento, cuspindo-o fora frequentemente. O veneno é inofensivo dentro da boca, a menos que nela existam cortes. A sucção deve demorar cerca de uma hora, com o torniquete em posição. Conseguir o socorro médico o mais cedo possível. |

Tab 17-22. Quadro-resumo para aplicação de primeiros socorros

## 17-15. AGENTES QUÍMICOS

Os quadros abaixo tratam das características dos agentes químicos, dos primeiros socorros a serem prestados e das prescrições sobre descontaminação.

### a. Quadro-resumo das características e dos primeiros socorros.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NOME E SIMBOLO | DETECÇÃO | | | | EFEITOS FISIOLÓGICOS | PROTEÇÃO | PRIMEIROS SOCORROS | | MÉTODO DE DISPERSÃO |
| | Odor (comumente sentido) | Cor e estado físico no terreno | Meios de detecção | PERSISTÊNCIA (muito variável) | | | Individual | Com a caixa de primeiros socorros | |
| **VESICANTES** | | | | | | | | | |
| Mostarda (H) | Alho ou mostarda. | Escura; líquido oleoso. | Papel, tinta, giz e estojo M9. | 1 a 20 dias. | Irritação nos olhos e pulmões. | Roupa protetora e máscara contra gases. Óculos protetores e cobertura protetora individual contra espargimento. | Para vesicantes nos olhos, aplicar BAL, esfregar um minuto e lavar com água de 1/2 a 2 minutos. Para líquidos na pele, para retirá-los da pele e aplicar o unguento. Os líquidos devem ser removidos antes de 3 minutos. | Para vesicantes nos olhos, usar a solução BAL (vol 5) ou o unguento BAL (vol 8), como foi indicado à esquerda. Para os vesicantes líquidos na pele, usar o unguento protetor (vol 9). Para a lewisita, usar unguento BAL (vol 8). O BAL pode ser usado depois da pele estar avermelhada | Mina terrestre. Espargimento. Bombas. Artilharia. Rojão. Morteiro. |
| Nitrogênio-Mostarda (HN) | Muito leve. Peixe ou sabão. | Escuro; líquido ou sólido mole. | Papel, tinta, giz e estojo M9. | De 1 hora a várias semanas. | Vesículas na pele. | | | | |
| Lewisita (L) | Irritante, algumas vezes como o gerânio. | Escuro; líquido oleoso; evaporação lenta. | Papel, tinta, giz e estojo M9. | 1 a 7 dias. | Irritação nos olhos e pulmões. | | | | |
| Fenildiclorarsina (PD) | Geralmente irritantes. | Líquidos sem cor; evaporação lenta. | Papel, tinta, giz e estojo M9 (só para a ED e MD). | PD: 1 a 40 dias. Os outros: de 1 a 12 horas. | Vesículas na pele. | | | | |
| Etildiclorarsina (ED) | | | | | | | | | |
| Metildiclorarsina (MD) | | | | | | | | | |
| **FUMÍGENOS** | | | | | | | | | |
| Fósforo Branco (WP) | Ligeiramente irritante | Fumaça branca e partículas em combustão. | Nenhum. | Nenhum. | As partículas sólidas queimam a pele. | Evitar as partículas em combustão. | Usar compressa de sulfato de cobre. | Solução de sulfato de cobre (vol 3). | Minas químicas, bomba Art, morteiro, granadas de mão e foguete. |
| Trióxido de enxofre em solução de ácido clorosulfônico (FS) | Acre | Densa fumaça branca. | Nenhum. | Nenhum. | O líquido queima a pele. | Usar a máscara nas grandes concentrações ou na fumaça inimiga. | Lavar os olhos com água, imediatamente. Retirar o líquido da pele. Tratar como queimadura. | Gotas para os olhos e nariz (vol 4). | Minas químicas, bomba Art, morteiro, granadas de mão e foguetes. |
| Tetracloreto de titânio (FM) | Acre | Densa fumaça branca. | Nenhum. | Nenhum. | O líquido queima a pele. | | Retirar o líquido. Não lavar. | Nenhum | Minas químicas, bomba Art, morteiro, granadas de mão, espargimento e cilindro. |
| Mistura hexacloretana (HC) | Acre acentuado. | Fumaça cinzenta. | Nenhum. | Nenhum. | Não é perigoso em concentrações normais. | | Nenhum. | Nenhum. | Minas químicas, bombas espargimento, morteiro Art, granadas de mão e cilindros. Art, morteiros, granadas de mão e tubos fumígenos. |
| Óleo de neblina (SGE) | Como óleo | Fumaça branca. | Nenhum. | Nenhum. | Nenhum. | Nenhum. | Nenhum. | Nenhum. | Geradores de fumaça. |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **INCENDIÁRIOS** | | | | | | | | | |
| Magnésio (MG) | Fumaça. | Fumaça e chama brancas. | Nenhum. | Nenhum. | Causam queimaduras. | Extinguir com areia ou terra. Combater o fogo com os meios disponíveis, dependendo da umidade | Inundar com água e remover as partículas. Tratar como queimadura. | Nenhum. | Bombas e granadas de mão. |
| Termita (TH) | Fumaça. | Brilho alaranjado. | Nenhum. | Nenhum. | | | | Nenhum. | |
| Óleo incendiário (1M) (NP) (PT) | Óleo. | Fumaça preta e chama vermelha. | Nenhum. | Nenhum. | | | Tratar como queimadura. | Nenhum. | Bombas, Art, foguetes, granadas de mão e lança-chamas. |

## b. Descontaminação

| Agentes de descontaminação | Ingrediente | Quantidades | Proporção dos pesos | Área abrangida | Instrumentos ou objetos utilizados | Emprego Para descontaminar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mistura seca (*2) (*3) | Hipoclorito de cal | 2 pás / (4,500 kg) | 1 por 3 | 1,80 m² por kg de hipoclorito de cal. | Pás, ancinhos | Crateras. Campo Aberto. Solas de Sapatos. |
| | Terra | 3 pás / (13,500 kg) | | | | |
| Pasta (*3) | Hipoclorito de cal | As necessárias à aquisição da consistência pastosa. | | 1,80 m² por kg de hipoclorito de cal. | Pás, Escovas, Remos. | Edifícios. Paredes e muros. Pneumáticos e outros objetos de borracha. |
| | Água | | | | | |
| Mistura semi-fluida (*3) | Hipoclorito de cal | 6 pás / (11,400 kg) | 1 por 1 | 1,80 m² por kg de hipoclorito de cal. | Vassouras, Baldes, Aparelho de descontaminação. | Edifícios. Estradas pavimentadas. Caminhos e pistas. |
| | Água | 1 balde / (13,25 litros) | | | | |
| DANC | DANC (pó) | 1 litro / (0,600 kg) | 1 por 15 | No máximo, 6,60 m² por litro | Todos os tipos de instrumentos de descontaminação. | Ferramentas de metal, armas, equipamento corroído pelo hipoclorito de cal. |
| | Solvente (líquido) | 6 litros / (9,000 kg) | | | | |

**NOTAS**

(*1) Todo o pessoal que trabalha deve colocar-se do lado que sopra o vento, em relação à área contaminada.

(*2) Embora haja o perigo de chamas e vapores concentrados, o espargimento de cal virgem serve para descontaminar as ferramentas dos gases vesicantes. Devem ser tomadas as necessárias precauções.

(*3) As áreas descontaminadas devem ser cobertas com terra ou grama, para manter a disciplina de camuflagem.

(*4) A gasolina e outros solventes dissolvem mas não destroem os gases vesicantes. Os objetos depois de lavados permanecem perigosos, de modo que é sempre necessário fazer a descontaminação.

Tab 17-23. Tabela para descontaminação

## 17-16. COMUNICAÇÕES

### a. Sinais morse

| | | |
|---|---|---|
| A . _ | M _ _ | Y _ . _ _ |
| B _ . . . | N _ . | Z _ _ . . |
| C _ . _ . | O _ _ _ | 1 . _ _ _ _ |
| D _ . . | P . _ _ . | 2 . . _ _ _ |
| E . | Q _ _ . _ | 3 . . . _ _ |
| F . . _ . | R . _ . | 4 . . . . _ |
| G _ _ . | S . . . | 5 . . . . . |
| H . . . . | T _ | 6 _ . . . . |
| I . . | U . . _ | 7 _ _ . . . |
| J . _ _ _ | V . . . _ | 8 _ _ _ . . |
| K _ . _ | W . _ _ | 9 _ _ _ _ . |
| L . _ . . | X _ . . _ | 0 _ _ _ _ _ |

### b. Alfabeto fonético

O alfabeto fonético utilizado na exploração é internacional e seu uso está consagrado pelas Forças Armadas. A parte em negrito das palavras corresponde à sílaba tônica das mesmas, isto é, à sílaba que deve ser pronunciada com maior inflexão de voz.

| Letra | Palavra | Pronúncia | Letra | Palavra | Pronúncia |
|---|---|---|---|---|---|
| A | ALFA | **AL** FA | N | NOVEMBER | **NÓ** VEMBER |
| B | BRAVO | **BRA** VÔ | O | OSCAR | **ÓS** CAR |
| C | CHARLIE | **CHÁR** LIE | P | PAPA | **PÁ** PA |
| D | DELTA | **DÉL** TA | Q | QUEBEC | **QUE** BÉC |
| E | ECHO | **É** CÔ | R | ROMEO | **RÔ** MEU |
| F | FOXTROT | **FOX** TROT | S | SIERRA | **SIÉR** RA |
| G | GOLF | **GOLF** | T | TANGO | **TÁN** GÔ |
| H | HOTEL | **HÓ** TEL | U | UNIFORM | **IU** NIFORM |
| I | INDIA | **IN** DIA | V | VICTOR | **VIC** TOR |
| J | JULIETT | **JÚ** LIÉT | W | WHISKEY | **UIS** QUÉI |
| K | KILO | **QUÍ** LO | X | XRAY | **ÉCS** RÉI |
| L | LIMA | **LI** MA | Y | YANKEE | **IÃN** QUI |
| M | MIKE | **MAI** QUÉ | Z | ZULU | **ZU** LU |

**c. Algarismos fonéticos**

Os algarismos fonéticos utilizados na exploração radiofônica são específicos de nosso país e seu uso é obrigatório para a Força Terrestre, como também já o é para a Aviação Civil e Militar, quando sobrevoando o Brasil. A parte em negrito corresponde à sílaba tônica do algarismo fonético.

Algarismos Fonéticos

| Algarismo | Pronúncia | Algarismo | Pronúncia |
|---|---|---|---|
| 1 | **u**no | 6 | **mêi**-a |
| 2 | **dô**-is | 7 | **se**-te |
| 3 | **três** | 8 | **oi**-tô |
| 4 | **qua**-tro | 9 | **nó**-vê |
| 5 | **cin**-cô | 0 | **zé**-rô |

**d. Código semáforo**

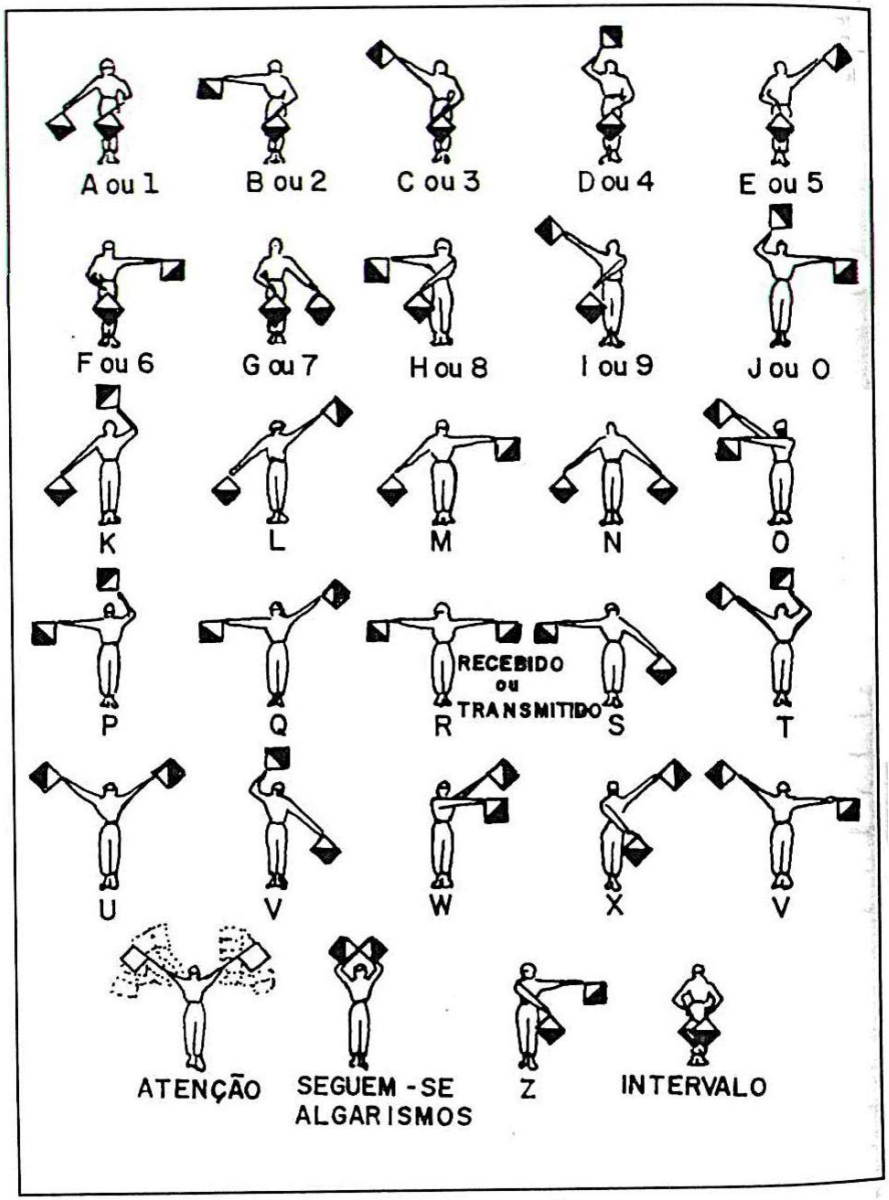
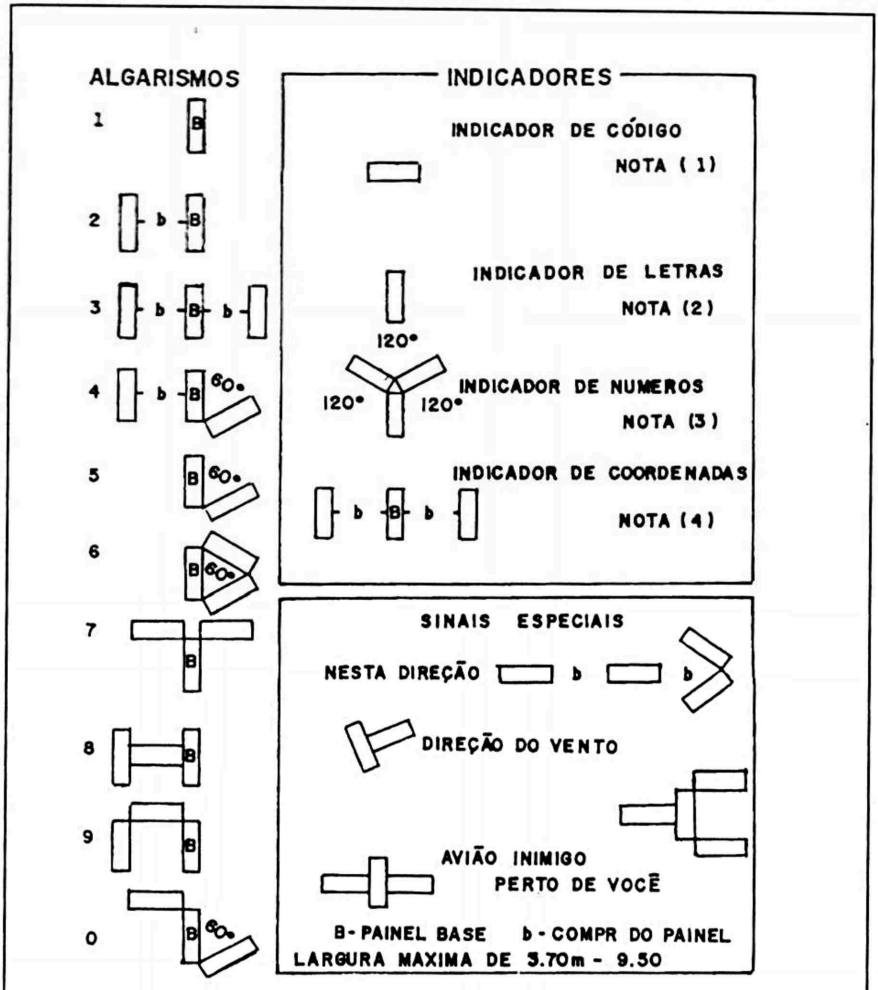



Fig 17-3. Código semáforo

## e. Código de painéis, algarismos, indicadores e sinais especiais




**NOTAS**

(1) Indicador de código: quando empregado sem outro qualquer indicador por cima, significa "LEIA PELO CÓDIGO". em outras situações, indica a parte que fica por cima dos painéis de algarismos e significa "MENSAGEM PRONTA PARA SER LIDA".

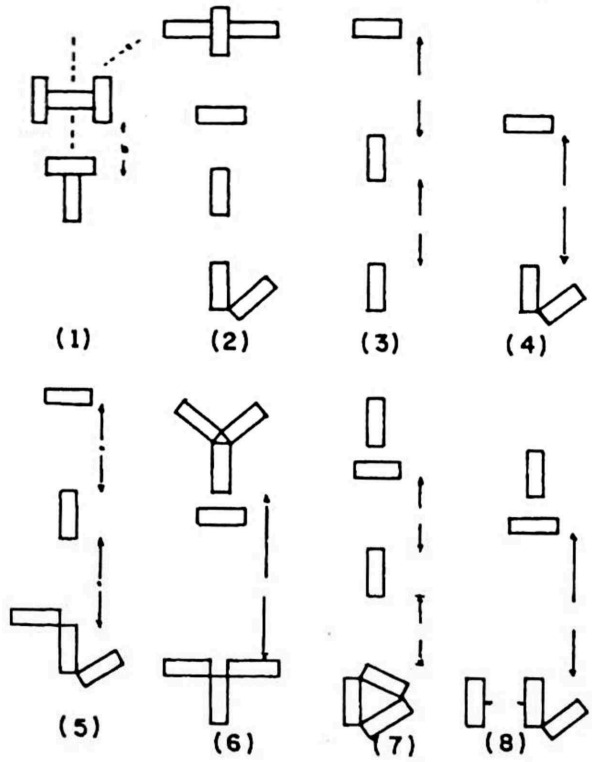
(2) Indicador de letras: quando colocado acima do indicador de código, significa "LEIA COMO LETRAS". As letras são indicadas pelos respectivos números de ordem no alfabeto.

(3) Indicador de números: quando colocado acima do indicador de código, significa "LEIA COMO NÚMEROS".

(4) Indicador de coordenadas: utiliza o sinal do algarismo 3, colocado acima do indicador de código. Quando as coordenadas são enviadas algarismo por algarismo deve-se usar o sinal de separação (sinal de serviço 15) entre uma e outra coordenadas.

Fig 17-4. Código de painéis

**f. Exemplos de códigos e mensagens com painéis**




**NOTAS**

(1) Significa: "PEGUE AQUI A MENSAGEM. VENTO NA DIREÇÃO INDICADA". O traço central da letra "H" (algarismo 8) somente deve ser colocado na sua posição quando a mensagem estiver pronta para ser agarrada.
(2) Significa: "AVIÃO inimigo perto de você, nesta direção".
(3) No código, o grupo de algarismos formador do número 11 significa "TENHO UMA MENSAGEM PARA VOCÊ".
(4) No código, o número 5 significa "PEÇA MUNIÇÃO PARA ARMAS PORTÁTEIS".
(5) No código, o grupo de algarismos formando o número 10 significa: "ESPERE (e o número que segue indica a quantidade de MINUTOS).
(6) O número "7".
(7) A letra "P".
(8) A letra "D".
(9) Espaçamentos normais:
a= metade do comprimento de um painel;
b= comprimento de um painel;
c= de 1 a 3 vezes o comprimento de um painel.

Fig 17-5. Exemplo de códigos e mensagens com painéis

| CARACTERÍSTICAS | GRUPOS | FREQUÊNCIA | EMISSÃO | ALCANCE (km) | INSTALAÇÃO | FONTE DE ALIMENTAÇÃO | CONFIGURAÇÕES | EMPREGO | OBSERVAÇÕES | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FAMÍLIA VHF-FM | 1 | 30,0 a 75,95 MHz | FONIA (VHF-FM) | 1,5 | Portátil | Baterias (ou pilhas) | EB 11-ERC 104 | Pequenas frações de tropa | - | |
| | 2 | | | 8 | Portátil<br>Vtr Mtz (1/4 ou 3/4t - 12v CC)<br>Vtr Bld (CTTA) URUTU, CRM CASCAVEL, CC X1 ou X1A2)<br>Motocicleta | Baterias (ou pilhas)<br>Bateria veicular 110v / 220v CA, 50/60 Hz; em instalações fixas. | Gp 2P (EB 11-ERC 110)<br>Gp 2V (EB 11-ERC 201)<br>Gp 2DV<br>Gp 2B<br>Gp 2M<br>Gp 2AV<br>Gp 2AB<br>Gp 2DB<br>Gp 2RRA | Subunidade | O grupo 2+3 se destina a substituir algumas versões dos grupos 2 e 3. As configurações do Gp 2+3 são:<br>- EB 11-ERC 203 Vtr 1/4 ou 3/4 t-12v<br>- EB 11-ERC 203A (URUTU)<br>- EB 11-ERC 203B (CASCAVEL)<br>- EB 11-ERC 203C (X1 ou X1A2) | - |
| | 3 | | | 16 | Vtr Mtz (1/4 ou 3/4t - 12v CC ou 24v CC)<br>Vtr Bld(CTTA) URUTU, CRM CASCAVEL, CC X1 ou X1A2) | Bateria veicular 110v / 220v CA, 50/60 Hz; em instalações fixas. | Gp 3V (EB 11-ERC 202)<br>Gp 3B<br>Gp 3AV<br>Gp 3AB<br>Gp 3DV ( EB 11-ERC 204)<br>Gp 3DB (EB 11-ERC 204A; EB 11-ERC 204B e EB 11-ERC 204C: URUTU, CASCAVEL, X1 ou X1A2 respectivamente). | Ligação Inf-Bld-Art Subunidade Unidade Bda e DE | | Com Eqp suplementar transforma-se em radioteleimpressor. A configuração (RTT-3) é o EB 11-ERQ 300 (EB 11-ERC 202 + TIt) |

Tab 17-24. Rádios de fabricação nacional

| CARACTERÍSTICAS | GRUPOS | FREQUÊNCIA | EMISSÃO | ALCANCE (km) | INSTALAÇÃO | FONTE DE ALIMENTAÇÃO | CONFIGURAÇÕES | EMPREGO | OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FAMÍLIA HF-FLS | 4 | 2 a 18 Mhz | FONIA e CW | 25 a 50 | Portátil Veicular (TNE 1/4 e 374t) | Baterias (ou pilhas) Bateria Veicular (12 ou 24v CC) 110/220v CA, 50/60 Hz; em instalações fixas | Gp 4P (EB 11-ERC 616 e EB 11-ERC 620) Gp 4V (EB 11-ERC 616A e EB 11-ERC 620A) Gp 4B (usado na versão mista: EB 11-ERC 616B, C e D e EB 11-ERC 620 B, C e D) | Subunidade Unidade | - |
| | 5 | | | 80 a 120 | Veicular (TNE 3/4t, 4x4, com reboque 3/4t, 2R) | Bateria Veicular (24v CC) Gerador de CA 110/220v CA, 50/60 Hz; em instalações fixas | Gp 5V (EB 11-ERC 617 e EB 11-ERC 621) Gp 5B (usado na versão mista: EB 11-ERC 617A, B e C e EB 11-ERC 621A, B e C) | Brigada e Superior | Com equipamento suplementar transforma-se em radioteleimpressor. As configurações deste tipo (RTT-5) são: - EB 11-ERQ 301 (EB 11-ERC 617 + TII) - EB 11-ERQ 301A (EB 11-ERC 621 + TII) |
| | 6 | | | 400 | | Gerador de CA 110/220v CA, 50/60 Hz; em instalações fixas | EB 11-ERC 618 EB 11-ERC 622 | Brigada e Superior | Com equipamento suplementar transforma-se em radioteleimpressor. As configurações deste tipo (RTT-6) são: - EB 11-ERQ 302 (EB 11-ERC 618 + TII) - EB 11-ERQ 302A (EB 11-ERC 622 + TII) |

Tab 17-24. Rádios de fabricação nacional (continuação)

| CARACTERÍSTICAS / GRUPOS | FREQUÊNCIA | EMISSÃO | ALCANCE (km) | INSTALAÇÃO | FONTE DE ALIMENTAÇÃO | CONFIGURAÇÕES | EMPREGO | OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VERSÃO MISTA VHF-FM / HF-FLS | 30 a 75,95 Mhz 2 a 18 Mhz | FONIA (VHF-FM, HF-FLS CW (HF-FLS) | 8 a 16 (VHF-FM) 25 a 120 (HF-FLS) | Vtr blindada | Bateria Veicular | - | VtrBld PC VtrBld Com CTTA (enquanto não estiverem disponíveis as Vtr acima) | Os equipamentos são separados fisicamente no interior da Vtr; usam, porém, a mesma fonte. |
| 7 | Constituem os conjuntos de multicanal rádio e suas características estão arroladas em portaria referente ao material MCR do SISCAM | | | | | | | |
| 8 | 118 a 131,9 MHz | FONIA (VHF-AM) | 150 a 200 | Portátil Veicular (TNE 1/4t, 4x4) | Baterias (ou pilhas) Bateria Veicular | Gp 8P (EB 11-ERC 130) Gp 8V (EB 11-ERC 230) | Lig entre tropas terrestres e aeronaves em vôo Unidade e Superior | - |
| 9 | Pertencem a esta categoria todos os conjuntos rádio não enquadrados nas categorias anteriores, à exceção dos destinados à guerra eletrônica, tais como receptor para escuta, equipamento de interferência, radiogoniômetro, que são arrolados como material de guerra eletrônica. | | | | | | | |
| **LEGENDA:** | P - Portátil<br>V - Veicular<br>B - Veicular para blindados<br>M - Motocicleta | | | | AV - Com receptor auxiliar para veículos<br>AB - Com receptor auxiliar para viaturas blindadas<br>DV - Versão dupla para veículos<br>DB - Versão dupla para viaturas blindadas<br>RRA - Receptor para rede de alarme | | | |

Tab 17-24. Rádios de fabricação nacional (continuação)

## h. Equipamentos Rádio do EB

| | GRUPO | NOMENCLATURA | INSTALAÇÃO | TIPO DE SINAL | FAIXA DE FREQUÊNCIA (MHz) | ALCANCE NOMINAL (Km) | ALCANCE MIN. NA SELVA (Km) | FONTE P/ VERSÃO PORTÁTIL | VIDA NOMINAL DA FONTE | PESO | FONTE P/ VERSÃO VEICULAR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| COMUNICAÇÕES EQUIPAMENTO RÁDIO DO EB | I | ERC 103 | Portátil | Fonia - FM | 48.0 a 54.9 | 6 | 1,5 | 7BA - 42 | 20 hs (3) | 2,5 | - |
| | II | ERC 110 | Portátil | Fonia - FM | 30.0 a 75.95 | 8 | 2 (4) 5 (5) 12 (6) | 11 BA-30 ou Bat Ni-Cd | 20 hs (3) | 11,55 | -1 |
| | | ERC 201 | Veicular | Fonia - FM | 30.0 a 75.95 | 8 | 2 (4) 5 (5) 12 (6) | - | - | - | Bat 12V ou 24V (8) |
| | III | ERC 202 | Veicular | Fonia - FM | 30.0 a 75.95 | 20 a 30 | 10 | - | - | - | Bat 12V ou 24V (8) |
| | | ERC 203 | Veicular | Fonia - FM | 30.0 a 75.95 | 20 a 30 | 10 | - | - | - | Bat 12V ou 24V (8) |
| | | ERC 204 | Veicular | Fonia - FM | 30.0 a 75.95 | 20 a 30 | 10 | - | - | - | Bat 12V ou 24V (8) |
| | IV | ERC 616 617 620 | Portátil \ Veicular | Fonia (SSB - AM) Grafia | 2 a 17.999 | 30 (2) | 20 (2) (4) | -10 ou 20 Bat Ni-Cd -10 Ni-Cd x 10 BA30 | 10 hs ou 20 hs (3) | 11,65 | Bat 12V ou 24V (8) |
| | | ERC 190 | Portátil | Fonia (SSB - AM) Grafia | 1.5 a 29.999 | Ind (7) | Ind (7) | Bat (Ni-Cd) 24V | 10 hs | | Bat 24V |
| | | ERC 191 | Portátil \ Veicular | Fonia (SSB - AM) Grafia | 1.6 a 29.999 | Ind (7) | Ind (7) | Bat (Ni-Cd) MA-934 | 10 hs | 11 | Bat 24V |
| | V | ERC 617 | Veicular | Fonia (SSB - AM) Grafia | 2 a 17.999 | Ind | 50 (2) (4) | - | - | - | Bat 24V |
| | VIII | ERC 230 | Veicular (Terra-A-vião) | AM | 118 a 131,9 | 150 a 200 | 150 a 200 | - | - | - | Bat 12V |

**OBSERVAÇÃO**

(1) Pode ser adaptada p/ bateria de 12V
(2) Alcance c/ antena vertical
(3) Observar a razão de 9x1 entre recepção e transmissão
(4) Considerando apenas a componente superficial
(5) Utilizando antena dipolo horizontal
(6) Utilizando antena rômbica horizontal
(7) Indeterminado
(8) Requer uso de retificado

Tab 17-25. Rádios empregados no Exército Brasileiro

### i. Comunicações com fio

| CARACTERÍSTICA / TIPO | SISTEMA | TIPO | FONTE | ALCANCE | OBSERVAÇÃO |
|---|---|---|---|---|---|
| TLF - 201 | Magnético | Portátil | Voz do operador | 8 Km | Não utilizar em sistemas com magneto |
| AF - 1/ETC | Magnético | Portátil | Voz do operador | 8 Km | Pode ser utilizado em sistema com magneto |
| TLF - 202 | BC/BL | Portátil | 2 BA-30 ou Fonte de 3 VCC | 25 Km | - |
| AF-2/ETC | BL | Portátil | 5 BA-42 ou Fonte de 7,5 VCC | 40 Km | Chave A-BP-TST em BP p/ dist < 15 Km. Para dist. > 15 Km usar AP |
| CTL-201 | BL | Portátil | 5 BA-42 ou Fonte de 7,5 VCC | o do telefone | 6 (seis) Assinantes |
| CTL-202 | BL | Portátil | 2 BA-23 ou Fonte de 3 VCC | 10 a 30 Km | 6 (seis) Assinantes |
| CTL-203 | BL | Portátil | 2 BA-23 ou Fonte de 3 VCC | 10 a 30 Km | 12 (doze) Assinantes |
| QC-1/ETC | BL | Portátil | 4 BA-30 | IND | 12 (doze) Assinantes |
| AF-3/ETC | BC\BL | Portátil | 2 BA-30 ou Fonte de 3 VCC | 20 Km | - |
| SB 993/GT | Magnético | Portátil de emergência | Voz do operador | Do TLF | 6 (seis) Assinantes |
| **OBSERVAÇÃO** - O CAB 207 resiste a 100 Kg de tração, e tem o alcance de 28,8 Km (seco) e 19,2 Km (Molhado) | | | | | |

Tab 17-26. Comunicação com fio

### j. Antenas de campanha

(1) Bigode de onça

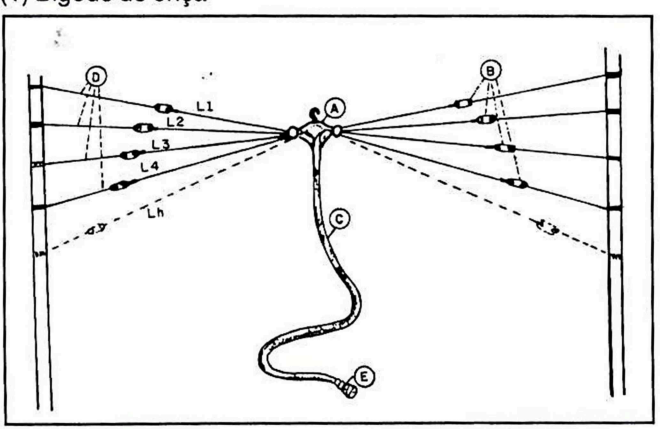



Fig 17-6. Antena múltipla (bigode de onça)

Devido ao grande número de solicitações é apresentado dados pormenorizados relativos à confecção da Antena Multifrequência "Bigode de Onça" editada no Noticiário do Exército nº 0538, de 11 de janeiro de 1993.

**Materiais utilizados**

| Referência na Figura | Quantidade | Discriminação |
|---|---|---|
| A | 1 (um) | isolador Central para Antena dipolo. |
| B | 2n (duas vezes número de elementos irradiantes) | Isoladores de extremidade para antena dipolo. |
| C | Variável | - Cabo coaxial Tipo RGO/U ou RG213/U, cabo grosso flexível, comprimento múltiplo de 16,69 m.<br>- Cabo coaxial Tipo RG 58/U, cabo fino flexível, comprimento múltiplo de 13,95 m. |
| D | Variável | Adriça de nylon para estaiamento. |
| E | 1 (um) | Conector de radiofrequência, tipo macho (depende do esquipamento utilizado). |
| L1, L2, L3, L4, ... Ln | Variável | Fio de cobre nº 14 AWG, com escapamento plástico, comprimento depende da frequência de operação, conforme será visto a seguir. |
| ——— | 1 (um) | Tubo de borracha de silicone para vedação dos conectores e isoladores. |

(2) Comprimento dos Elementos Irradiantes

O comprimento dos elementos irradiantes é calculado utilizando o quadro a seguir:

onde: F (MHz) - frequência de operação, em megahertz;
I (m) - metade do comprimento do elemento irradiante, em metros.

| POSIÇÃO | FÓRMULA |
|---|---|
| A (acima da horizontal | I (m) = 70,5 / F (MHz) |
| B (horizontal) | I (m) = 71,5 / F (MHz) |
| C (abaixo da horizontal) | I (m) = 74,5 / F (MHz) |

**OBSERVAÇÕES**

(a) O ângulo máximo entre os elementos inferiores e superiores deverá ser no máximo de 90°.

(b) Os elementos irradiantes mais curtos devem estar localizados acima dos mais longos.

(c) Os elementos irradiantes devem estar uniformemente espaçados entre si.

(d) A figura mostra uma versão de antena para 4 (quatro) frequências. Poderão ser acrescidas tantas outras frequências desde que sejam observadas as letras anteriores.

(e) Os elementos mais longos devem ter suas extremidades colocadas a cerca de 2 (dois) metros do solo.

(f) Cada elemento irradiante tem uma largura de faixa de aproximadamente... pode ser operado em diversas frequências em tantas subfaixas quantos forem os elementos irradiantes.

(g) Embora dipolos múltiplos com alimentação comum proporcionem um sistema de antena muito eficiente e simples, há frequentemente consideradas interação entre os diferentes elementos irradiantes, difícil de ser prevista pois varia muito entre uma instalação e outra. Isto, as vezes, gera em perda de tempo e dificuldades de sintonia.

(3) Antena Pé-de-galinha

(4) Antena Dipolo Vertical

(5) Antena Vertical

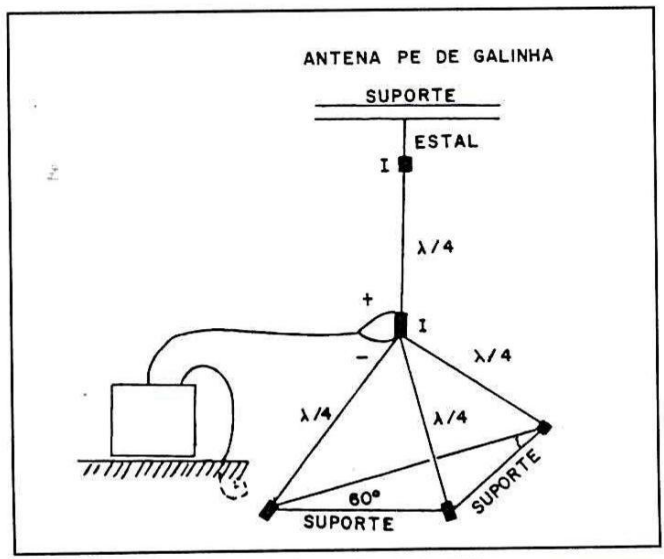



Fig 17-7. Antena Pé-de-galinha

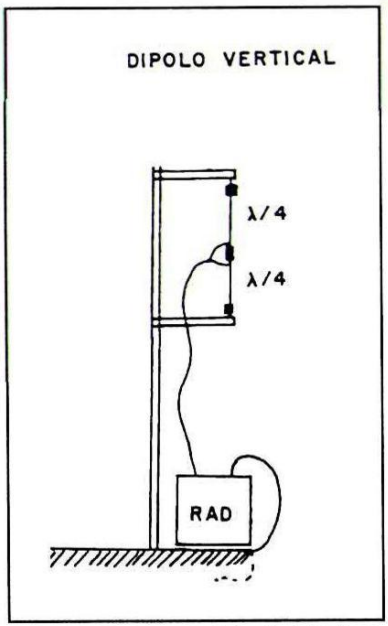



Fig 17-8. Antena Dipolo Vertical

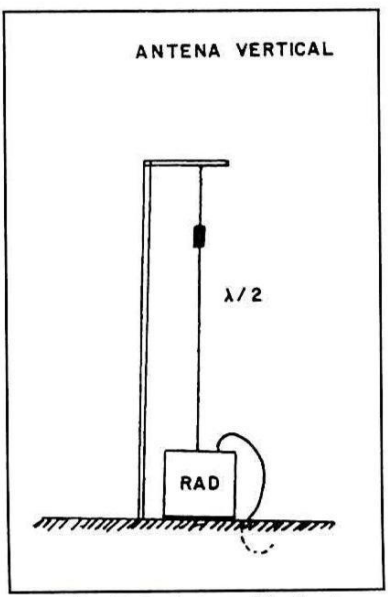



Fig 17-9. Antena Vertical

(6) Antena Semi-rômbica
(7) Antena Rômbica
(8) Antena Dipolo Vertical
(9) Antena Fio Longo

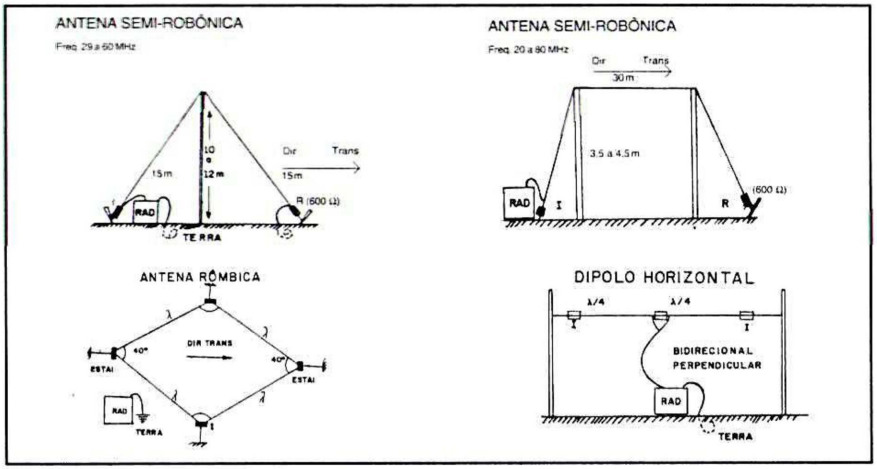



Fig 17-10. Outros tipos de antena

(h) Prescrições Rádio - Emprego do rádio

| PRESCRIÇÃO | TRANSMISSORES | RECEPTORES | OBSERVAÇÃO |
|---|---|---|---|
| Rádio em silêncio absoluto | Desligados | Desligados | Pré-fixado no tempo e espaço |
| Rádio em silêncio | Desligados | Na escuta | |
| Rádio restrito | Ligados | Ligados | Só mensagens U - UU<br>Estabelecimento de rede |
| Rádio Livre | Ligados | Ligados | |

Tab 17-27. Prescrições rádio

(i) Comprimento de antena de meia onda e Comprimento de onda

O comprimento físico de uma antena de meia onda pode ser calculado mediante a fórmula: em que **L** é o comprimento real e **f** a frequência de operação, dada em megahertz. Esta fórmula não é aplicável às antenas superiores a meio comprimento de onda.

O comprimento de onda em metros é $\lambda$.

**FÓRMULA**

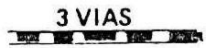
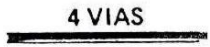
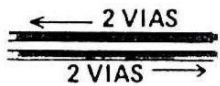
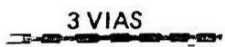
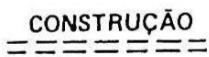
| ANTENA | ONDA |
|---|---|
| L (metros) = 142,64 / f | $\lambda$ = 300 / f |

| FREQUÊNCIA DE OPERAÇÃO | ANTENAS ALIMENTADAS NA EXTREMIDADE | | ANTENAS DE ALIMENTAÇÃO CENTRAL (valor para cada lado do isolador) | | FREQUÊNCIA DE OPERAÇÃO | ANTENAS ALIMENTADAS NA EXTREMIDADE | | ANTENAS DE ALIMENTAÇÃO CENTRAL (valor para cada lado do isolador) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MHz | metros | pés | metros | pés | MHz | metros | pés | metros | pés |
| 1 | 142,64 | 468 | 71,32 | 234 | 39 | 3,65 | 12 | 1,82 | 6 |
| 2 | 71,32 | 234 | 35,66 | 117 | 40 | 3,54 | 11,7 | 1,77 | 5,8 |
| 3 | 47,54 | 156 | 23,77 | 78 | 41 | 3,47 | 11,4 | 1,74 | 5,7 |
| 4 | 35,66 | 117 | 17,83 | 58,5 | 42 | 3,35 | 11,1 | 1,68 | 5,5 |
| 5 | 28,52 | 93,6 | 14,26 | 46,8 | 43 | 3,29 | 10,9 | 1,65 | 5,4 |
| 6 | 23,77 | 78 | 11,88 | 39 | 44 | 3,23 | 10,6 | 1,62 | 5,3 |
| 7 | 20,56 | 66,8 | 10,28 | 33,4 | 45 | 3,17 | 10,4 | 1,58 | 5,2 |
| 8 | 17,83 | 58,5 | 8,91 | 29,2 | 46 | 3,11 | 10,2 | 1,55 | 5,1 |
| 9 | 15,85 | 52 | 7,92 | 26 | 47 | 3,04 | 9,9 | 1,52 | 5 |
| 10 | 14,26 | 46,8 | 7,13 | 23,4 | 48 | 2,93 | 9,7 | 1,46 | 4,8 |
| 11 | 12,95 | 42,5 | 6,47 | 21,2 | 49 | 2,89 | 9,5 | 1,43 | 4,7 |
| 12 | 11,88 | 39 | 5,94 | 19,5 | 50 | 2,86 | 9,4 | 1,43 | 4,7 |
| 13 | 10,97 | 36 | 5,49 | 18 | 51 | 2,80 | 9,2 | 1,40 | 4,6 |
| 14 | 10,18 | 33,4 | 5,09 | 16,7 | 52 | 2,74 | 9 | 1,37 | 4,5 |
| 15 | 9,51 | 31,2 | 4,75 | 15,6 | 53 | 2,68 | 8,8 | 1,34 | 4,4 |
| 16 | 8,90 | 29,2 | 4,45 | 14,6 | 54 | 2,65 | 8,7 | 1,31 | 4,3 |
| 17 | 8,38 | 27,5 | 4,19 | 13,7 | 55 | 2,59 | 8,5 | 1,28 | 4,2 |
| 18 | 7,92 | 26 | 3,96 | 13 | 56 | 2,56 | 8,4 | 1,28 | 4,2 |
| 19 | 7,50 | 24,6 | 3,75 | 12,3 | 57 | 2,49 | 8,2 | 1,25 | 4,1 |
| 20 | 7,13 | 23,4 | 3,57 | 11,7 | 58 | 2,46 | 8,1 | 1,22 | 4 |
| 21 | 6,79 | 22,3 | 3,40 | 11,2 | 59 | 2,40 | 7,9 | 1,19 | 3,9 |
| 22 | 6,49 | 21,3 | 3,25 | 10,6 | 60 | 2,37 | 7,8 | 1,18 | 3,9 |
| 23 | 6,18 | 20,3 | 3,09 | 10,1 | 61 | 2,35 | 7,7 | 1,16 | 3,8 |
| 24 | 5,94 | 19,5 | 2,97 | 9,7 | 62 | 2,29 | 7,5 | 1,13 | 3,7 |
| 25 | 5,70 | 18,7 | 2,85 | 9,2 | 63 | 2,26 | 7,4 | 1,13 | 3,7 |
| 26 | 5,48 | 18 | 2,74 | 9 | 64 | 2,22 | 7,3 | 1,10 | 3,6 |
| 27 | 5,27 | 17,3 | 2,64 | 8,6 | 65 | 2,19 | 7,2 | 1,10 | 3,6 |
| 28 | 5,09 | 16,7 | 2,54 | 8,3 | 66 | 2,13 | 7 | 1,07 | 3,5 |
| 29 | 4,90 | 16,1 | 2,45 | 8 | 67 | 2,10 | 6,9 | 1,04 | 3,4 |
| 30 | 4,75 | 15,6 | 2,37 | 7,8 | 68 | 2,07 | 6,8 | 1,04 | 3,4 |
| 31 | 4,57 | 15,1 | 2,28 | 7,5 | 69 | 2,04 | 6,7 | 1,01 | 3,3 |
| 32 | 4,46 | 14,6 | 2,23 | 7,3 | 70 | 2,01 | 6,6 | 1,01 | 3,3 |
| 33 | 4,32 | 14,2 | 2,16 | 7,1 | 71 | 1,98 | 6,5 | 0,97 | 3,2 |
| 34 | 4,20 | 13,8 | 2,10 | 6,9 | 72 | 1,98 | 6,5 | 0,97 | 3,2 |
| 35 | 4,08 | 13,4 | 2,04 | 6,7 | 73 | 1,95 | 6,4 | 0,97 | 3,2 |
| 36 | 3,96 | 13 | 1,98 | 6,5 | 74 | 1,92 | 6,3 | 0,94 | 3,1 |
| 37 | 3,84 | 12,6 | 1,92 | 6,3 | 75 | 1,89 | 6,2 | 0,94 | 3,1 |
| 38 | 3,71 | 12,3 | 1,86 | 6,1 | 76 | 1,86 | 6,1 | 0,91 | 3,0 |

Fig 17-28. Comprimento das antenas de meia onda

## 17-17. CONVEÇÕES CARTOGRÁFICAS

Rodovias e caminhos

| ACIDENTE | SÍMBOLO |
|---|---|
| Transitável todo o ano, revestimento sólido, duas ou mais vias | |
| Transitável todo o ano, revestimento solto ou leve, duas ou mais vias |   |
| Transitável em tempo bom ou seco, revestimento solto |  |
| Caminho |  |
| Trilho para cargueiro, cavaleiro ou pedestre |  |
| Auto-estrada |   |
| Auto-estrada, via dupla, com faixa divisória (canteiro) representável em escala |   |
| Transitável todo o ano, revestimento sólido, duas ou mais vias, em construção |   |
| Transitável todo o ano, revestimento solto ou ligeiro, duas ou mais vias, em construção |   |

## 17-18. SÍMBOLOS MILITARES

**a. Generalidades**

(1) Componentes

(a) Símbolo básico

(b) Escalão considerado

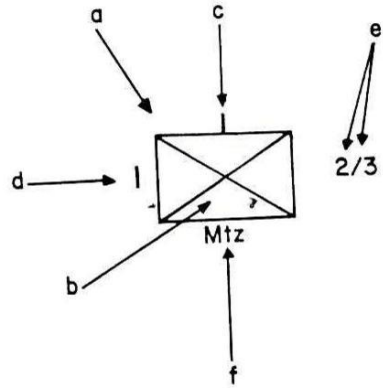
(c) Designação da Unidade, Instalação ou órgão (e se for o caso, se avançado ou recuado)

(d) Símbolo de arma, serviço, especialização ou atividade

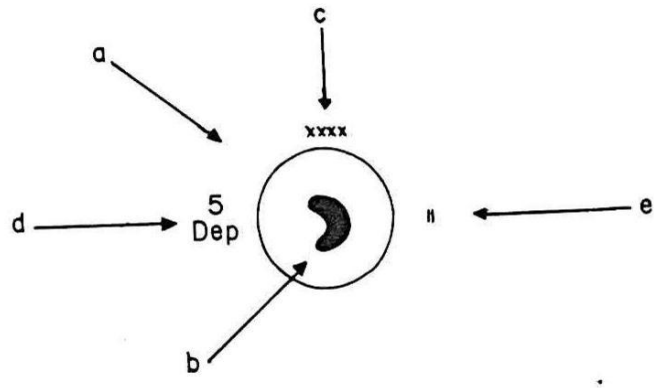
(e) Subordinação do elemento representado

(f) Outras informações que sejam necessárias para complementar a representação do elemento considerado.

Exemplo 1: 1ª Companhia de Fuzileiros motorizada do 2º Batalhão da 3ª Brigada




Exemplo 2: Depósito de suprimento classe I, Nr 5, do II Exército de Campanha

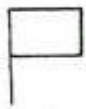


(2) Símbolos básicos

Os símbolos básicos indicam a categoria do elemento representado

Retângulo - Tropa de grande comando, grande unidade, unidade e subunidade (ou fração) de Arma ou Serviço.

Bandeira - Comando (QG ou PC), ou chefia de serviço. A extremidade da haste indica a sua localização.



Triângulo - Observatório ou Posto de observação.

Círculo - Instalação de Serviço (estação, depósito, centro, posto, etc.) ou órgão

**b. Símbolos de Identificação**

(1) Forças Armadas e Forças Auxiliares

T (letra tê maiúsculas) - Exército - Força Terrestre. (Utilizado apenas em operações conjuntas)

Âncora - Marinha - Força Naval

Hélice - Aeronáutica - Força Aérea

Polícia Militar

(2) Armas

Infantaria - representada por dois fuzis cruzados

Cavalaria - representada por uma lança

Artilharia - representada por uma granada esférica

Engenharia - representada pelo perfil de ponte com suporte intermediário

Comunicações - representada pela inicial da palavra

(3) Escalões

Esquadra, peça de morteiro, metralhadora ou correspondente

Grupo de combate, seção de morteiro, metralhadora ou correspondente

Pelotão, seção de artilharia ou correspondente

 Companhia, esquadrão, bateria, esquadrilha ou correspondente

Batalhão, grupo de artilharia, esquadrão de aviação ou correspondente

Grupamento, regimento, grupo de aviação ou correspondente

Brigada, brigada aérea ou correspondente

XX Divisão, divisão naval ou correspondente

XXX Corpo de exército, esquadrão naval ou correspondente

XXXX Exército de Campanha, força aérea, esquadrão ou correspondente

XXXXX Teatro de operações, força terrestre do teatro de operações, força aérea do teatro de operações, força naval do teatro de operações e zona de defesa

OO Distrito de Zona de Administração

OOO Seção de Zona de Administração (Ba Log, Z Ap, Região Militar)

OOOO Zona de Administração

**c. Exemplo de símbolos de unidades e subunidades**

2º Grupamento de Engenharia de Construção

2ª Companhia de Engenharia Blindada da 8ª Brigada de Cavalariva Blindada

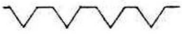
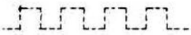
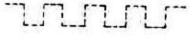
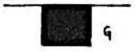
2º Batalhão de Engenharia de Combate Blindado da 8ª Bda Cav Bld

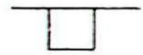
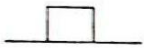
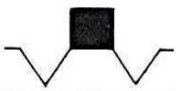
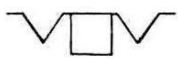
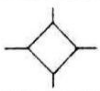
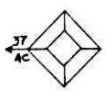
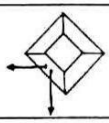
Batalhão de Engenhraria topográfico do VI Exército de Campanha

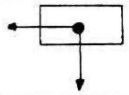
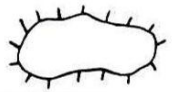
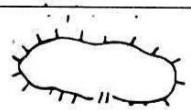
Batalhão de Engenharia Anfíbio

**d. Outros símbolos de interesse para a Engenharia**

(1) Fortificações

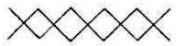
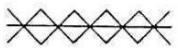
| SÍMBOLOS | SIGNIFICADOS |
|---|---|
| | Abrigo individual |
| | Sapa |
| | Trabalhos de organização do terreno, construídos e ocupados |
| | Trabalhos de organização do terreno, construído e ocupado pelo inimigo |
|  | Trincheira |
| | Trincheira inimiga |
|  | Trabalhos de organização do terreno, construídos, mas não ocupados |
|  | Trabalhos de organização do terreno, em construção |
| | Abrigo subterrâneo isolado, ocupado |
|  | Abrigo subterrâneo ocupado (a prova de gás) |
| | Abrigo subterrâneo ocupado, com indicação da capacidade de pessoal |

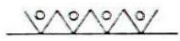
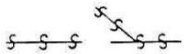
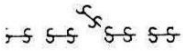
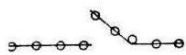
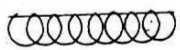
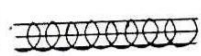
| SÍMBOLOS | SIGNIFICADOS |
|---|---|
|  | Abrigo subterrâneo, não ocupado |
|  | Abrigo superficial, não ocupado |
| | Abrigo superfície ocupado, com indicação da capacidade em pessoal |
|  | Abrigo superficial ocupado, com trincheira |
|  | Abrigo subterrâneo, não ocupado, em trincheira |
| | Abrigo a céu aberto ocupado, em trincheira |
| | Espaldão |
|  | Local fortificado |
| | Casamata de concreto |
|  | Casamata de concreto com canhão anticarro (direção de tiro conhecida) |
| | Casamata de concreto com metralhadora (direção de tiro desconhecida) |
|  | Casamata de concreto com metralhadora (direção de tiro conhecida) |

| SÍMBOLOS | SIGNIFICADOS |
|---|---|
| | Casamata de concreto com canhão anticarro (direção de tiro desconhecida) |
| | Casamata de concreto com armas de calibres desconhecidas e direções de tiro conhecidas |
| | Casamata de concreto com torre blindada |
|  | Abrigo com armas automáticas |
| | Zona fortificada, em geral |
|  | Símbolo geral de ponto forte |
|  | Ponto forte de BTL |

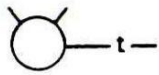
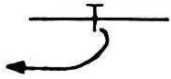
(2) Obstáculos

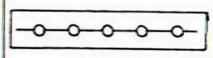
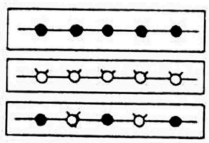
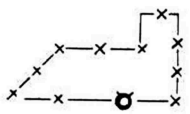
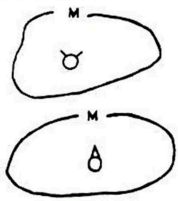
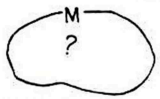
(a) Redes

| SÍMBOLOS | SIGNIFICADOS |
|---|---|
|  | Arame farpado, em geral |
|  | Rede normal (retangular) |
| —X— X—X— | Cerca de arame com 4 fios |
| –XX—XX—XX— | Cerca de arame dupla de 4 fios |

| SÍMBOLOS | SIGNIFICADOS |
|---|---|
| | Rede baixa |
| | Rede alta |
|  | Rede mista |
|  | Rede anti-submarina, com porta |
|  | Rede antitorpédica, com porta |
|  | Rede contraminas, com porta |
| | Arame em espiral |
|  | Concertina |
| | Concertina dupla |
|  | Concertina tripla |

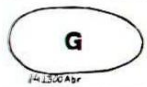
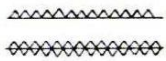
(b) Minas e campos de minas

| SÍMBOLOS | SIGNIFICADOS |
|---|---|
| | Mina de qualquer tipo |
| | Mina antipessoal |
|   | Mina antipessoal com arame de tração |
| | Mina de tipo não identificada |
| | Mina anticarro |
| | Mina anticarro armadilha |
| | Armadilha de qualquer tipo |
|  | Arame de tração |
| | Mina química |
| | Mina incendiária |

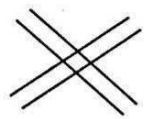
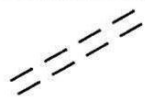
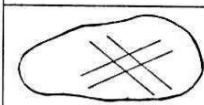
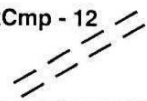
| SÍMBOLOS | SIGNIFICADOS |
|---|---|
| | Mina simulada |
| | Minas antipessoal, química e incendiária, com armadilha |
|  | Símbolo geral de campo de minas sem indicação do tipo - pode ser usado esquematicamente em qualquer escala de carta |
|  | Campos de minas, com indicação do tipo ( anticarro, antipessoal, misto) |
| | Campo de minas AC INI |
|  | Contorno de um campo de minas antipessoal com cerca de arame. O tipo de campo é representado pelo símbolo da mina que o caracteriza |
| **D 1 - 3 - 2** | Densidade de um campo de minas ( na ordem, 1 mina anticarro, 3 minas antipessoal de fragmentação e 2 minas antipessoal explosivas, por metro de frente) |
|  | Área armada ou campo minado de Inquietação ( símbolo indicativo dos tipos de minas utilizados) |
|  | Área suspeita de estar minada |

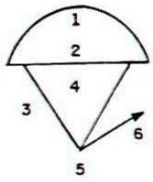
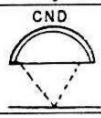
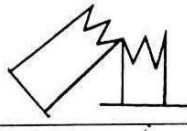
(3) Obstáculos em geral

(a) Barreiras

| SÍMBOLOS | SIGNIFICADOS |
|---|---|
| | Símbolo geral de barreira |
|   | O agente, a hora e a data devem ser indicados. Ex: Área contaminada com gás G lançado às 13:00hs do dia 14 abr. |
|  | Agravamento de curso d'água: 1-margem 2-margem |

(b) Destruição

| SÍMBOLOS | SIGNIFICADOS |
|---|---|
| | Destruição preparada |
|  | Destruição realizada |
|  | Destruição planejada |
|  | Área destruída |
| **III ExCmp - 12** | Responsabilidade e numeração das destruições. Á indicação da grande Unidade responsável pela destruição segue-se o número indicativo da destruição |
| **I ExCmp - 12**  | Destruição planejada número 12, de responsabilidade do I Exército |

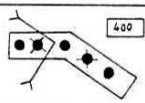
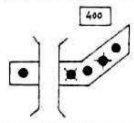
| SÍMBOLOS | SIGNIFICADOS |
|---|---|
|  | 1 - Potência<br>2 - Data e hora do acionamento ou condições para o acionamento<br>3 - Altura de arrebentamento<br>4 - Ausência de precipitação radioativa (em branco) - com precipitação radioativa (hachurada)<br>5 - Localização do ponto zero<br>6 - Direção do vento |
| | Demolição planejada |
|  | Demolição preparada |
| | Demolição executada pelo inimigo |
| | Demolição executada (com precipitação radioativa) |
|  | Abatiz |

Exemplo:

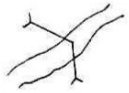
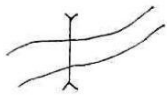
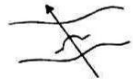
| SÍMBOLOS | SIGNIFICADOS |
|---|---|
| | Carga nuclear de demolição preparada de 1 KT; acionamento mediante ordem do V Exército de Campanha; altura de arrebentamento: 5 metros (subterrânea); haverá produção de precipitação radioativa; não foi confirmada a direção do vento |

(4) Passagens

(a) Em obstáculos terrestres

| SÍMBOLOS | SIGNIFICADOS |
|---|---|
| | Trilha (1,5 m) via para homem a pé |
| | Trilha dupla (3 m) |
| | Brecha ou passagem. Via para viaturas |
|  | Faixa de minas anticarro com 400 minas, algumas das quais armadilhas, sendo atravessada por uma trilha |
|  | Faixa de minas anticarro com 400 minas, algumas das quais armadilhas, sendo atravessada por uma brecha ou passagem |

(b) Em cursos de água (vaus)

| SÍMBOLOS | SIGNIFICADOS |
|---|---|
|  | Para homem a pé |
|  | Para viaturas sobre rodas |
| | Para carros de combate |
|  | Para cavalo |

(5) Locais de travessia

| SÍMBOLOS | SIGNIFICADOS |
|---|---|
| | Local de travessia de assalto |
| | Local de portada leve e pesada |
| | Local de passadeira |
| | Local de ponte |

## 17-19. RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS

**a. Momentos**

(1) Momento fletor:

$$M = \delta W$$

onde:
$\delta$ = tensão admissível, em kg/cm²
W = módulo de resistência

(2) Módulo de resistência:

(a) Seções retangulares:

$$W = ( b.d^2 ) / 6$$

onde:
b = largura da secção, em cm.
d = altura da seção, em cm.

(b) Seções circulares:

$$W = W = d^3 / 10$$

onde:
d = diâmetro do círculo, em cm.

**b. Tensões admissíveis**

(1) Madeiras

(a) Pinho amarelo ou abeto

Compressão das fibras extremas na flexão simples 148 kg/cm²

Compressão perpendicular à fibra 35 kg/cm²

Compressão paralela à fibra 113 kg/cm²

Cizalhamento horizontal 13 kg/cm²

(b) Outras madeiras

(2) Aço

(a) Flexão

Compressão nas bordas da secção 1.688 kg/cm²

(b) Cizalhamento

- Rebites e parafusos torneados para orifícios alargados ou não, em abas (flanges de vigas e em vigas de alma cheia) 1.055 kg/cm²
- Parafusos-sem-fim 703 kg/cm²
- Emendas ou junções
- Rebites e parafusos torneados para orifícios alargados ou não.
- Parafusos-sem-fim

| Cizalhamento duplo | Cizalhamento simples |
|---|---|
| 2.813 kg / cm² | 2.250 kg / cm² |
| 21.758 kg / cm² | 21.407 kg / cm² |

(c) Compressão axial nas colunas de aço

Símbolos

i = raio de giração mínimo da secção, em cm;

l = comprimento livre, em cm;

N = carga axial, em kg;

S = seção, em cm²;

$\omega$ = Coeficiente de flambagem;

$\lambda = l / i$ = coeficiente de esbeltez;

$\alpha$ = 2, para o aço CA37; 3, para o aço CA52.

**Fórmulas**

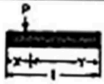
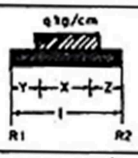
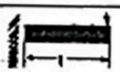
- Quando $\lambda \leq 20$: $\delta = \frac{(N)}{S}$
- Quando $\lambda > 20$: $\delta = \frac{(N.\omega)}{S}$ onde $\omega = 1 + \alpha \frac{(\lambda - 20)^2}{100}$

**c. Momento fletor e cizalhamento nas vigas, em vários casos de carregamento**

(1) Símbolos

b = largura da seção, em cm;
d = altura da seção, em cm;
i = momento de inércia da seção, em relação ao eixo que passa pelo centro de gravidade;
l = vão (vigas) ou comprimento (pilares), em cm;
M = momento fletor; em kg/cm;
N ou P = carga, em kg;
p ou q = carga por unidade de comprimento;
Q = esforço cortante total, em kg;
R = reação, em kg;
S = área da seção, em cm²;
W = módulo da seção = I / y;
y = distância do eixo neutro à fibra extrema, em cm;
δ = tensão admissível em kg/cm²;
ι = cizalhamento unitário (tensão de cizalhamento).

(2) Momento fletor e cizalhamento máximos

| CASOS | DIAGRAMAS | M. Max. | Q. Max. |
|---|---|---|---|
| Viga livremente apoiada; carga concentrada no meio do vão. | | P . l / 4 | P / 2 |
| Viga livremente apoiada; carga concentrada fora do meio do vão. |  | P . X . Y / l | P . Y / l (Quando X < Y) |
| Carga uniformemente distribuída | | $\frac{q.l^2}{8}$ | q . l / 2 |
| Carga distribuída; carregamento parcial. |  | R2 (Y + (R1 / 2q)) | $q . \frac{X}{2l} . l (2Z + X)$ |
| Viga engastada numa extremidade; carga concentrada na extremidade livre. |  | P . l | P |

**OBSERVAÇÃO**

(1) $R1 = \frac{q.a}{2l} (2c + a)$

$R2 = \frac{q.a}{2l} (2b + a)$ } Seja c > b

(2) $Qmáx = \frac{q.a}{2l} (2c + a)$

(3) Momento resistente e valor de cizalhamento

| Secção | M resistente | Tensão de cizalhamento | | Observações |
|---|---|---|---|---|
| | | horizontal | vertical | |
| Fórmula Geral | W | | | |
| Retangular | $\frac{\delta d_2}{6}$ | $\frac{1,5Q}{b.d}$ | | |
| Circular | $\frac{\delta d_1}{10}$ | $\frac{5\,Q}{3d_1}$ | | |
| Vigas de aço (de alma cheia e de perfis diversos). | $\delta W$ | | $\frac{Q}{d.t}$ | t= 1.055 kg/cm² (aproximadamente), para o aço. t= espessura da flange (vigas de perfis especiais) ou de alma cheia. |

(4) Colunas e postes de madeira

| Relação l/d | N max. |
|---|---|
| De 0 a 11 | $\delta_c.S$ |
| De 12 a 40 | $\delta_c.S\,(1/60d)$ |
| NOTA - A relação l/d, nas colunas de pontes e edifícios, não deve exceder de 50, sendo preferível não ultrapassar 40. | |

**Símbolos**

N = carga de segurança, em kg
S = Área da secção transversal, em cm².
l = comprimento ou distância entre apoios laterais, em cm.
d = menor dimensão da coluna ou poste em cm.
$\delta_c$ = tensão admissível na compressão paralela às fibras.

## 17-20. OUTROS DADOS CONSIDERADOS ÚTEIS

### a. Constantes

$\gamma = 9,81$ m/s  $\pi = 3,1416$
$\pi^2 = 9,8696$  $\sqrt{\pi} = 1,7725$
$\pi^3 = 31,006$  $\sqrt[3]{\pi} = 1,4646$

### b. Velocidade do som ao ar livre

v = 1.196 km/h
v = 332 m/seg
v = 1.090 pés/seg

## 17-21. CARACTERÍSTICAS DOS ARMAMENTOS E MUNIÇÕES

| CARACTERÍSTICA / TIPO | | CALIBRE | PESO S/ MUNIÇÃO | ALC. MAX. | ALC. ÚTIL | VPT | DO | OBSERVAÇÃO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PST BERETA | | 9 mm | 950 g | ind | 50 m | ind | 15 | |
| MTR L | | 7,62 mm | 4.450 Kg | 3.800 m | 600 m | 120 tpm (aut)<br>60 tpm (int) | MI 80<br>Tr 20<br>Pf 20 | |
| MTR P | | 7,62 mm | 6,250 Kg | 3.800 m | 600 m | 120 tpm (aut)<br>60 tpm (int) | MI 320<br>Tr 80<br>Pf 20 | |
| FAL | | 7,62 mm | 3 , 780 Kg | 3.800 m | 600 m | 120 tpm (aut)<br>60 tpm (int) | MI 80<br>Tr 20<br>Pf 20 | |
| FUZIL | | 5,56 mm | 3 , 51 Kg | ind | 400 m | 120 tpm (aut)<br>60 tpm (int) | - | |
| MTR BERETA | | 9 mm | +/- 3 Kg | ind | 200 m | ind | 120 | |
| MTR URU | | 9 mm | 3,3 Kg | ind | 100 m | ind | 120 | |
| MTR MAG | | 7,62 mm | 13,6 Kg | 3.800 m | 1800 (Rep)<br>800 (Bipé) | 600 a 1000 tpm | MI 800<br>Tr 200<br>Pf 100 | Reparo 10, 450 Kg |
| MTR | M949 A1 | 7,62 mm | 10,1 Kg | 4.000 m | 900 m | 250 tpm | MI 800<br>Tr 200<br>Pf 100 | Reparo 13, 4 Kg |
| | M945 A1<br>M934 A1 | | 9,5 Kg | 3.800 m | | | | |
| | M934 A1<br>M932 A1 | | 9,18 Kg | 3.200 m | | | | |
| MTR BROWNING | | 50 pol ou 12,7 mm | 50 Kg | 6.818 m | 900 m | 400 a 600 tpm (aut)<br>75 tpm (int) | MI 200<br>Tr 100<br>Pf 400 | Reparo 19 Kg |
| MRT | | 60 mm | 19 Kg | 2.000 m | 1.000 m | - | AE 38<br>SMK 4<br>ILM 3 | |
| MRT | | 81 mm | 57 Kg | GR AE (CN) 4050 m<br>GR AE (GCp) 1 500 m | 2000<br>ind | - | AE (CN) 38<br>AE (Gcp) 12<br>SMK 6<br>ILM 4 | |

Tab 17-29. Armamentos do Exército Brasileiro

| CARACTERÍSTICA / ARMA | CALIBRE | PESO S/ MUNIÇÃO | ALC. MAX | ALC. ÚTIL | V P T | D O | OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MRT 4.2 | 4.2 pol ou 106.6 mm | 284 Kg | 5.650 m | 4.000 m | - | AE 80 SMK 5 ILM 5 | |
| MRT 120 | 120 mm | 224 Kg | 5.650 m | 4.000 m | - | AE 80 SMK 5 ILM 5 | |
| Lç Rj | 2,36 pol ou 60 mm | 6.800 Kg | 630 m | 270 m | - | 12 | |
| | 3.5 pol ou 89 mm | 5,596 Kg | 820 m | Fixo 275 m Móvel 1185 m | - | 12 | |
| Lç Gr M79 | 40 mm | 2,7 Kg | 400 m | Alvo Área 350 m Ponto 150 m | - | 8 | |
| Can 57 SR | 57 mm | 20,2 Kg | 4.400 m | Alvo Fixo 700 m Alvo Móvel 700 m | | AE - 10 AE AT - 40 | Reparo 24 Kg |
| Can 106 SR | 106 mm | 128,82 Kg | 7.700 m | 1100 | | AE AT - 50 50 M48-100 | Reparo 88,9 Kg |

| CARACTERÍSTICA / GRANADA | | PESO C/ EPLT. | RETARDO EOT M9 | EXPLOSIVO | EFEITO 100 % MORTAL | PERFURAÇÃO EM AÇO OU CONCRETO | ALCANCE MÁX | ALCANCE ÚTIL | GR M QUÍMICA - CEV |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M M1 | | 580 g | 4,5 seg = 0,5 seg | 40 g TNT | 6 m | - | - | - | LAC M5 EMISSÃO: 50 a 110S RETARDO: 2,5 a 5,5 Seg |
| M M2 | | 180 g | | 80 g TNT | - | - | - | - | |
| M M3 | OFS | 220 g | | 90 g Comp B - CEV | 6 m | + 16 mm | - | - | |
| | DEF | 420 g | | | | | | | |
| BC AEAP M2 (CEV) | | 550 g | | 90 g Pentolite | 7 m | até 76,2 mm | 400 m | 150 m | LAC M5 EMISSÃO: 60 s RETARDO: O MESMO VISÍVEL A 1000 m |
| BC AEAC M3 (CEV) | | 810 g | | 265 g Comp B CEV | - | + 100,2 mm | 260 m | 100 m | |

Tab 17-29. Armamentos do Exército Brasileiro (continuação)

## 17-22. CARACTERÍSTICAS DAS MUNIÇÕES

| INDICATIVO MILITAR | VALOR POR CUNHETE | | | |
|---|---|---|---|---|
| | PESO (Kg) | VOLUME DM3 | QUANT. | QUANT. POR EMBALAGEM |
| Car 7,62 M1 (CBC) | 30,500 | 22,50 | 1.000 | 20 |
| Car 7,62 Tr M1 (BELGA) | 50 | 41 | 1.800 | 100 |
| Car 7,62 Tr M1 (CBC) | 31 | 23 | 1.000 | 20 |
| Car 7,62 Ft M1 (CBC) | 35 | 35 | 2.000 | 25 |
| Car .30 M3 (CBC. | 45,700 | 29,9 | 3.000 | 50 |
| Car .30 M2 Lam (FR) | 48,800 | 33 | 1.500 | 20 |
| Car 9 M1 (CBC) | 28 | 12,80 | 2.000 | 50 |
| Car 38 CV (NR) (CBC) | 32 | 13 | 2.000 | 50 |
| Car .50 M1 (FR) | 50 | 48,4 | 350 | 10 |
| Car .50 Tr M1 (CBC) | 37,350 | 30 | 250 | 10 |
| Car .50 Pf M1 (CBC) | 49 | 48 | 250 | 10 |
| Car .50 AP M2 (USA) | 50 | 48,4 | 350 | 175 |
| Car.50 Mnj M2 (FR) | 43 | 48,4 | 350 | 10 |
| Tir 37 ME M63 c\Ec M58 C\Etj M16 (USA) | 42 | 57 | 20 | 01 |
| Tir 37 Exc Tr M4 c/ Etj M1 (FR) | 42 | 56 | 20 | 01 |
| Tir 37 Slv c/ Etj M1 (FR) | 30 | 57 | 30 | 01 |
| Tir 57 HE AT M307 A1 c/P1 M90 A1B1(USA) | 18 | 24 | 04 | 01 |
| Gr 60 AE M1 A1 (FR) | 18 | 60 | 25 | 01 |
| Tir 60 L11 n M38 c/ EOT M56 A1 (USA) | - | - | - | 01 |
| Car 60 Cg "0" c/ Bch A1 (CBC) | 28 | 33 | 1.000 | 25 |
| Splmt 60 M1 (FPV) | 35 | 71 | 5.000 | 500 |
| Car 75 Slv c/ Etj M2 (FJF) | 28 | 80 | 10 | 01 |
| Tir 81 HE M374 A2 c/ EOP M524 A6 (USA) | 28 | 54 | 03 | 01 |
| Gr 81 AE M2 A1 (NFN) (CN) | 57 | 82 | 12 | 01 |
| Tir 81 Ilm M301 A3 c/EOP A1 (USA) | 59 | 50 | 03 | 01 |
| Tir 81 SMK WP M375 A2 c/EOP M524 A6 (USA) | 25 | 54 | 03 | 01 |
| Tir 81 INE M374 A2 c/EOP M524 A6 (USA) | 25 | 54 | 03 | 01 |
| Splmt 81 M2 (FPV) | 60 | 80 | 4.536 | 126 |
| Car 7,62 Lçmt M1 (FR) | 36,500 | 39,5 | 2.400 | 25 |
| Gr Bc AE AP M1 c/Car 7,62 Lçmt NATO (FJF) | 29 | 70 | 30 | 01 |
| Gr Bc AE AC M3 c/Car 7,62 Lçmt (CEV) | 33 | 84,12 | 20 | 01 |

Tab 17-30. Característica das munições - dados gerais

| INDICATIVO MILITAR | VALOR POR CUNHETE | | | |
|---|---|---|---|---|
| | PESO (Kg) | VOLUME DM3 | QUANT. | QUANT. POR EMBALAGEM |
| Gr M Fum Amrl (CEV) | 33 | 64 | 50 | 01 |
| Gr M Fum Vrml M5 (CEV) | 33 | 64 | 50 | 01 |
| Gr M Fum Brnc M5 (CEV) | 33 | 64 | 50 | 01 |
| Gr M M3 (Def-Ofs) c/Esplt (FE) | 44 | 40,9 | 80 | 01 |
| Gr M Frag MK2 c/Esplt M204 Al (USA) | 27 | 36 | 25 | 01 |
| Sim Gr (FE) | 28 | 98 | 200 | 10 |
| Rj 2,36 AE AC M6 (FE) | 23 | 41 | 8 | 01 |
| Rj 2,36 AE AC M6 A7 (CEV) | 50 | 100 | 20 | 01 |
| Min AE AP M409 (Belga) | 36 | 72 | 150 | 10 |
| Min AC N? AE TI BR (ILP) | 52 | 90 | 05 | 01 |
| Min AE AC M3 (Belga) | 46 | 49 | 06 | 01 |
| Min Exc AP M409 (Belga) | 46 | 49 | 06 | 01 |
| Pet AE M2 100 g (FR) | 27 | 42 | 200 | 01 |
| Pet AE M4 Al 500 g | 32 | 42 | 50 | 01 |
| Pet AE N6 5.000 g (FR) | 52 | 58 | 08 | 01 |
| Pet AE M7 10.000 g (FR) | 55 | 56 | 04 | 01 |
| Pet AE M8 20.000 g (FR) | 55 | 56 | 02 | 01 |
| Eop M3 Al (FJF) | 35 | 49 | 120 | 12 |
| Eop M6 Al (FJF) | 27 | 46 | 200 | 04 |
| Rj 3.5 | 26 g | 46,93 | 04 | 01 |
| EOT M6 (FE) | 13 | 35 | 80 | 01 |
| Etplh Ml (FJF) | 48 | 62 | 200 | 12 |
| Etplh M8 Al (FJF) | 43 | 35 | 240 | 12 |
| Car 7,62 Mnj Ml (FR) | 30 | 30 | 1.920 | 20 |
| Car 81 Cg "0"M6 c/Bch Al (CBC) | 40,300 | 47 | 1.000 | 25 |
| Det M2 Gr 81 AE | 18 kg | 35 | 200 | 05 |
| Pet 250 Gr | 35 | 44,20 | 100 | - |
| Pet 1.000 Gr | 47 | 55 | 36 | - |
| Espoleta Cm nº 8 | 5,5 | 11 | 2.000 | - |
| Tir 81 AE (Cp N) | 57 | 82 | 12 | - |
| Tir 81 AE (G CP) | 51,33 | 60,75 | 06 | - |
| Tir 37 AP Pf | 42 | 56 | 20 | - |
| Gr M Lac | 35,60 | 101,61 | 200 | - |
| Ac Min AC AE TI (IPD) | 15 | 26 | 100 | - |
| Amp Lac Clac tfn M1 (CEV) | 13 | 93,67 | 168 | 14 |
| Amp Lac CN M5 (CEV) | 18 | 93 | 200 | 01 |
| Cps Agt Qui (CS) (USA) | 14 | 62 | 150 | 50 |
| Art 303 Estrela (colç) (FE) | - | - | - | 01 |
| Art 304 Estrela o Sin Pqdt (Colç) (FE) | 30 | 54 | 60 | 12 |
| Art 305 Facho (FE) (Colç) | 30 | 54 | 60 | 12 |
| Crd Det Plast m (FE) | 44 | 152 | 1.000 m | 250 m |
| Plv Mn (Kg) (FE) | 63 | 69 | 50 kg | 2.500 kg |
| Plv N "A" Kg (FE) | 63 | 89 | 50 kg | 2.500 kg |
| Epim Hidrl M (FE) | 40 | 125 | 1.000 m | 10 |
| Acnd Frç (FE) | 12 | 45 | 1.000 | 10 |
| Clip Ml (FE) | 1,800 | 30 | 1.000 | 100 |
| Acnd Pv Ag (FE) | 30 | 65 | 400 | 20 |
| Arm Tpç VO Fsc | | | | 10 |
| Ac Doprs M3 Al (FE) | 49 | 108 | 2000 | 10 |
| Ac Prs M2 A2 (FE) | 35 | 83 | 200 | 05 |
| Ac Trç Ml A2 (FE) | 28,800 | 70 | 300 | 01 |
| Pet AE Ml Al 50g (FR) | 28 | 38 | 300 | 01 |

Tab 17-30. Característica das munições - dados gerais (continuação)

## 17-23. CARACTERÍSTICAS DAS VIATURAS E BLINDADOS NACIONAIS

| TIPO | MODELO | PESO TOTAL SEM CARGA (t) | DIMENSÕES MÁXIMAS (m) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | COMPRIMENTO | LARGURA | ALTURA |
| VBR - JARARACA | - | 5.8 | 4.16 | 2 . 23 | 1.97 |
| VBC Fzo - URUTU | - | 1.4 | 6.10 | 2 . 59 | 2.90 |
| VBR - CASCÁVEL | - | 13.7 | 5.20 | 2 . 64 | 2.95 |
| VBTP M113 BR | - | 11 | 4.86 | 2 . 68 | 2.20 |
| VBC M418 | - | 24 | 5.82 | 3 . 19 | 3.07 |
| VBC Fzo - CHARRUA | - | *22 | 6.40 | 3 . 20 | 1.95 |
| VBC CC - TAMOIO | - | *30 | 7.40 | 3 . 22 | 2.20 |
| VBC CC - OSÓRIO | - | 41.1 | 7.80 | 3 . 26 | 2.37 |
| TNE 1/4 t. 4x4 | CJ5 | 1.7 | 3.51 | 1 . 50 | 1.82 |
| TNE 1/2 t. 4x4 | F - 75 | 1.8 | 5.19 | 1 . 56 | 2.00 |
| TNE 1/2 t. 4x4 ENGESA | EE 12 | 1.7 | 3.57 | 1 . 77 | 1.90 |
| TNE 3/4 t. 4x4 CHEVROLET ENGESA | - | 2.7 | 5.18 | 2 . 07 | 2.22 |
| TNE 1 1/2 t. 4x4 ENGESA | EE 15 | 4.0 | 5.65 | 2 . 25 | 2.10 |
| TNE 2 1/2 t. 4x2 MILITAR | F 7000 | 5.0 | 7.63 | 2 . 28 | 3.00 |
| TNE 2 1/2 t. 4x4 FORD | Gás | 5.5 | 7.03 | 2 . 51 | 3.02 |
| TNE 2 1/2 t. 4x4 FORD | O . D. | 5.5 | 7.15 | 2 . 50 | 2.26 |
| TNE 2 1/2 t. 4x4 CHEVROLET - ENGESA - Gas e O. D. | E-60 e D-60 | 4.6 | 7.15 | 2 . 50 | 2.26 |
| TNE 2 1/2 t. 4x4 MERCEDES | LA 1111/36 | 5.0 | 6.57 | 2 . 40 | 3.06 |
| TNE 2 1/2 t. 6x6 MERCEDES | LG 1213/36 | 5.3 | 7.20 | 2 . 50 | 2.83 |
| TNE 2 1/2 t. 6x6 FORD | Gas e O.D. | 6.2 | 7.02 | 2 . 51 | 3.02 |
| TNE 2 1/2 t. 6x6 CHEVROLET - ENGESA - Gas | C-60 | 5.7 | 7.15 | 2 . 58 | 3.42 |
| TNE 2 1/2 t. 6x6 CHEVROLET - ENGESA - O.D. | D-60 | 5.8 | 7.15 | 2 . 58 | 3.42 |
| TNE 2 1/2 t. 6x6 ENEGESA | EE 25 | 6.4 | 6.82 | 2 . 25 | 3.10 |
| TNE Bas 2 1/2 t. 4X4 CHEVROLET - Gas | C-60 | 4.6 | 6.82 | 2 . 40 | 2.14 |
| TNE Bas 2 1/2 t. 4X4 MERCEDES | LAK-1111 | 5.0 | 5.91 | 2 . 30 | 3.00 |
| TNE 5 t. 4X2 MERCEDES | L-1519 | 5.4 | 6.50 | 2 . 50 | 3.08 |
| TNE 5 t. 6x6 MERCEDES | LG-1819 | 8.9 | 7.18 | 2 . 50 | 2.99 |
| TNE 5 t. 6x6 MERCEDES - ENGESA | LG-1519 | 10.9 | 7.53 | 2 . 10 | 3.08 |
| TE CSR 1/4 t. 4x4 - FORD-WILLYS | - | 1.2 | 3.51 | 1 . 50 | 1.80 |
| TE RAD 1/4 t. 4x4 - FORD-WILLYS | - | 1.2 | 3.51 | 1 . 50 | 1.80 |
| TE Amb 1/4 t. 4x4 - FORD | - | 1.3 | 3.95 | 1 . 70 | 1.94 |
| TE Amb 1/2 t. 4x4 - FORD - Cabine aberta | F-75 | 1.8 | 6.47 | 1 . 56 | 2.06 |
| TE Amb 3/4 t. 4x4 - FORD-WILLYS | - | 2.1 | 5.47 | 1 . 88 | 2.30 |
| TE Ofn. 4x2-KOMBI (DERLIKON) | - | 1.2 | 4.40 | 1 . 75 | 1.91 |
| TE Ofn 2 1/2 6x6 - FORD - ENGESA | - | 6.2 | 7.26 | 2 . 61 | 3.20 |
| TE Ofn 2 1/2 t. 6x6 - CHEVROLET - ENGESA | - | 6.2 | 7.15 | 2 . 58 | 3.42 |
| TE Ofn 2 1/2 t. 6x6 - CHASSI MERCEDES | - | 5.3 | 3.20 | 2 . 53 | 3.13 |
| TE CPnt ou 1/2 Pnt ou Cav. 2 1/2 t. 4x4 - CHEV - ENGESA | C-6803 | 5.5 | 7.15 | 2 . 62 | 2.50 |
| TE CPnt ou 1/2 Pnt ou Cav. 2 1/2 t. 4x4 FORD | F-600 | 6.2 | 7.15 | 2 . 50 | 2.50 |
| TE EmbMan 2 1/2 t. 4x4 MERCEDES | 1113 | 5.0 | 6.57 | 2 . 62 | 2.55 |
| TE CPnt ou 2 1/2 Pnt ou Cav. 2 1/2 t. 4x4 MERCEDES | LA-1113 | 5.0 | 6.57 | 2 . 62 | 2.55 |
| TE Soc 2 1/2 t. 6x6 MERCEDES | LG-1213/36 | 6.5 | 7.20 | 2 . 50 | 2.90 |
| TT SR 5 t. 4 x 2 MERCEDES | - | 5.4 | 5.86 | 2 . 42 | 2.58 |
| TT SR 5t. 4 x 2 CBT/MUNCK | 1090 A | 5.3 | 3.58 | 2 . 02 | 2.41 |
| TT SR 17 t. 6x4 ou 6x6 - SAAB - SCANIA | LT 110/38 | 7.4 | 7.50 | 2 . 42 | 2.62 |
| RNE 1/4 t. 2r . ANFÍBIO - CURITIBA | Reboque | 0.3 | 2.70 | 1 . 24 | 1.03 |
| RNE 1/4 t. 2r . ANFÍBIO - PONTAL | Reboque | 0.3 | 2.65 | 1 . 44 | 1.00 |

Tab 17-31. Características das Viaturas e Blindados nacionais

| TIPO | MODELO | PESO TOTAL SEM CARGA (t) | DIMENSÕES MÁXIMAS (m) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | COMPRIMENTO | LARGURA | ALTURA |
| RNE 3/4 t. 2r. RODOVIÁRIA/SANVAS | Reboque | 0.6 | 3.69 | 1 . 96 | 2.35 |
| RNE 1 1/2 t. 2r. CURITIBA/RODOVIÁRIA/SANVAS | Reboque | 1.4 | 4.10 | 2 . 10 | 2.63 |
| SRNE 15 t. - TRIVELATO | TIP TOP | 3.0 | 6.66 | 2 . 80 | 1.14 |
| SRNE 16 t. - FRUEHAAUF | - | 3.4 | 8.20 | 2 . 47 | 1.80 |
| SRNE 25 t. 2 eixos 4r. (duplas) SANVAS | - | 3.5 | 8.50 | 2 . 47 | 1.80 |
| RE CistComb 1 t. 2r. | - | 0.7 | 3.35 | 1 . 72 | 1.51 |
| RE Cist Água 1000 1. 2 r. - CURITIBA | FC | 1.1 | 4.02 | 2 . 15 | 1.95 |
| RE Cist ÁGUA 1500 l . 2r. - SANVAS/PONTAL | - | 1.5 | 4.02 | 2 . 15 | 1.95 |
| RE EOP Eng 1 1/2 t. 2r - SANVAS | - | 1.5 | 5.59 | 2 . 10 | 1.00 |
| RE 2t. 4r. FRUEHAUF | - | 4.5 | 7.62 | 2 . 25 | 1.44 |
| RE 18 t. AUTO - CARREGANTE-BISELLI | - | 5.2 | 9.46 | 2 . 80 | 2.05 |
| SRE PLATAFORMA RETA 25 t. - 2 Eixos | - | 5.5 | 12.37 | 2 . 95 | 2.00 |
| SRE 35 t. 4r. DUPLAS 2 Eixos | - | 6.0 | 12.75 | 3 . 30 | 2.10 |

Tab 17-31. Características das Viaturas e Blindados nacionais (continuação)

## ÍNDICE ALFABÉTICO


| | Prf | Pag |
|---|---|---|
| **A** | | |
| Acampamento e acantonamento de companhia | 17-2 | 17-3 |
| Acesso rodoviário | 11-22 | 11-31 |
| Agentes químicos | 17-15 | 17-40 |
| Alvenaria | 12-12 | 12-19 |
| Ancoragem | | |
| - de estacas | 13-10 | 13-15 |
| - em rocha | 13-11 | 13-16 |
| - natural | 13-9 | 13-14 |
| Anexo de barreiras à Op de divisão e seus apêndices | 15-8 | 15-35 |
| Aplicações do sistema | 5-3 | 5-3 |
| Apoio de engenharia às operações | | |
| - defensivas | 15-3 | 15-5 |
| - ofensivas | 15-2 | 15-1 |
| **B** | | |
| B4-A2 | 7-3 | 7-11 |
| Betoneiras | 12-11 | 12-17 |
| Bob cat | 10-11 | 10-18 |
| **C** | | |
| Cábrea | 13-19 | 13-22 |
| Cabrestante espanhol | 13-17 | 13-20 |
| Calco ou esboço do reconhecimento de itinerários | 11-8 | 11-5 |
| Cálculo | | |
| - da produção dos "scrapers" (seqüência) | 10-5 | 10-8 |

| | Prf | Pag |
|---|---|---|
| - da tensão nos estais | 13-14 | 13-18 |
| Campo(s) | | |
| - de minas modelo padrão | 3-3 | 3-2 |
| - de pouso | 9-1 | 9-1 |
| Camuflagem | | |
| - de viaturas e equipamentos | 4-12 | 4-30 |
| - individual | 4-11 | 4-29 |
| Capacidade de suporte das rodovias | 5-10 | 5-19 |
| Características | | |
| - das madeiras | 17-6 | 17-10 |
| - das munições | 17-22 | 17-77 |
| - das peças metálicas | 17-7 | 17-11 |
| - das viaturas e blindados nacionais | 17-23 | 17-79 |
| - dos armamentos e munições | 17-21 | 17-75 |
| - dos cabos de aço | 13-3 | 13-6 |
| - dos cabos de fibras | 13-2 | 13-5 |
| - dos campos de minas | 3-13 | 3-20 |
| - dos explosivos | 2-2 | 2-2 |
| - dos nós | 13-1 | 13-1 |
| - e aplicação dos pregos | 17-5 | 17-9 |
| - técnicas fundamentais | 8-2 | 8-3 |
| Cargas | | |
| - de pressão | 2-6 | 2-9 |
| - de ruptura | 2-7 | 2-11 |
| - dirigidas | 2-3 | 2-5 |
| - para abertura de crateras em estradas | 2-9 | 2-15 |
| - para cortar aço | 2-5 | 2-8 |
| - para cortar madeira | 2-4 | 2-6 |
| - para destruição de encontros de pontes | 2-8 | 2-14 |
| - para destruição de obstáculos | 2-10 | 2-15 |
| Categorias e sinalização de viaturas | 5-2 | 5-1 |
| Classificação | | |
| - das aeronaves | 9-2 | 9-1 |
| - de pontes com vigas | 6-2 | 6-4 |
| - de rodovia segundo a associação brasileira de normas técnicas (ABNT) | 5-11 | 5-22 |
| - de rodovias - capacidade de suporte | 5-9 | 5-13 |
| - dos vaus | 11-17 | 11-27 |
| Comando de embarcações e portadas | 14-4 | 14-6 |
| Combate à incêndio | 17-1 | 17-1 |
| Combinação de ancoragem | 13-12 | 13-16 |

| | Prf | Pag |
|---|---|---|
| Comunicações | 17-16 | 17-42 |
| Considerações gerais (Estradas Militares) | 8-1 | 8-1 |
| Construções | 16-4 | 16-7 |
| Conteúdo | 1-2 | 1-1 |
| Convenções cartográficas | 17-17 | 17-57 |
| Corte de árvores e arrancamento de tocos utilizando explosivos | 2-15 | 2-27 |
| Cuidados e manutenção de cabos | 13-28 | 13-28 |
| Cura e proteção do concreto | 12-10 | 12-16 |

D

| | | |
|---|---|---|
| Dados | | |
| - básicos de trigonometria | 17-9 | 17-19 |
| - para planejamento dos trabalhos de OT | 4-3 | 4-3 |
| Defeitos | | |
| - e conservação de rodovias | 8-16 | 8-46 |
| - em drenagem | 8-10 | 8-32 |
| Definição(ões) | | |
| - (Reconhecimento de Engenharia) | 11-1 | 11-1 |
| - Classificação e Sinalização de Pontes e Rodovias | 5-6 | 5-8 |
| Demarcação de campos de minas | 3-4 | 3-9 |
| Densidade | 3-6 | 3-10 |
| Destruição | | |
| - de engenhos falhados | 2-18 | 2-31 |
| - de matações | 2-16 | 2-27 |
| Dimensionamento | | |
| - da infra-estrutura | 6-6 | 6-32 |
| - da superestrutura | 6-5 | 6-28 |
| - das construções de alvenaria | 12-13 | 12-21 |
| - das formas de madeira | 12-3 | 12-5 |
| Documentos e dados para planejamento | 15-12 | 15-47 |
| Dosagem do concreto | 12-7 | 12-13 |
| Drenagem | 8-8 | 8-18 |

E

| | | |
|---|---|---|
| Emprego | | |
| - de agentes químicos e minas AP para retardar a reconstrução | 2-11 | 2-17 |
| - dos explosivos | 2-12 | 2-18 |
| Equipamento(s) | | |
| - de compactação | 10-7 | 10-12 |
| - e principais empregos - Produção média | 10-1 | 10-1 |

| | Prf | Pag |
|---|---|---|
| Escavação | | |
| - (Construções de Concreto) | 12-1 | 12-1 |
| - e processo de carregamento para construção de fossos AC | 2-13 | 2-21 |
| Escavadeiras mecânicas | 10-8 | 10-13 |
| Especificações | | |
| - das correntes | 13-4 | 13-7 |
| - para o projeto de campos de pouso | 9-4 | 9-3 |
| Estabilização de solos e controle de poeira | 9-6 | 9-9 |
| Estacas de construção | 8-5 | 8-6 |
| Estimativa | | |
| - da quantidade de agregados em estoque | 12-6 | 12-12 |
| - da quantidade de materiais | 12-8 | 12-14 |
| - de produção dos tratores | 10-3 | 10-5 |
| Evacuação de feridos | 16-6 | 16-7 |
| Exemplo de plano de barreiras (extrato) | 15-7 | 15-31 |
| Exigências mínimas de projeto | 8-3 | 8-4 |

F

| | | |
|---|---|---|
| Falcaçamento de cabos | 13-27 | 13-27 |
| Fatores | | |
| - de conversão | 17-13 | 17-23 |
| - importantes a considerar na mistura de concreto | 12-4 | 12-11 |
| Figuras geométricas | 17-8 | 17-15 |
| Finalidade(s) | | |
| - (Reconhecimento de Engenharia) | 11-2 | 11-1 |
| - Reconhecimento de Itinerários | 11-6 | 11-5 |
| - Reconhecimento de rodovias | 11-10 | 11-11 |
| - (do manual) | 1-1 | 1-1 |
| - dos sistema (Classificação de Pontes, Viaturas e Rodovias) | 5-1 | 5-1 |
| Fontes de água | 11-20 | 11-29 |
| Formas (Construções de Concreto) | 12-2 | 12-3 |
| Fórmula | | |
| - de classificação de itinerários | 11-9 | 11-9 |
| - de classificação de rodovias | 11-11 | 11-12 |
| Funções | | |
| - numéricas | 17-11 | 17-21 |
| - trigonométricas | 17-10 | 17-20 |
| Fundamentos sobre a classificação de viaturas | 5-4 | 5-3 |

| | Prf | Pag |
|---|---|---|
| **G** | | |
| Gabaritos para instalações sanitárias | 12-14 | 12-22 |
| Ganchos | 13-25 | 13-25 |
| Generalidades | | |
| - Mergulho | 14-5 | 14-8 |
| - Obstáculos | 4-5 | 4-17 |
| - Reconhecimento de Cursos de Água | 11-14 | 11-23 |
| - (Atividades Logísticas) | 16-1 | 16-1 |
| - (Engenharia em Operações) | 15-1 | 15-1 |
| - (Organização do Terreno) | 4-1 | 4-1 |
| Grampos | 13-23 | 13-25 |
| Guarnições de rede de camuflagem improvisada | 4-13 | 4-33 |
| Guindaste improvisado | 13-21 | 13-23 |
| **I** | | |
| Identificação e utilização | | |
| - da talha-guincho tirfor | 13-8 | 13-11 |
| - das talhas de corrente | 13-5 | 13-8 |
| Imóveis | 16-5 | 16-7 |
| **L** | | |
| Lançamento | | |
| - de minas em passagens a vau | 3-10 | 3-12 |
| - do concreto | 12-9 | 12-16 |
| Limpeza | | |
| - de armadilhas | 3-25 | 3-37 |
| - de estradas | 3-19 | 3-29 |
| - de minas AP | 3-21 | 3-31 |
| - de uma área | 3-18 | 3-27 |
| Lingas | 13-26 | 13-27 |
| Localização dos pontos de água | 11-19 | 11-29 |
| **M** | | |
| M4T6 | 7-2 | 7-11 |
| Manutenção | 16-3 | 16-6 |
| Material(is) | | |
| - camuflagem | 4-10 | 4-28 |
| - betuminoso | 8-13 | 8-36 |
| Medida(s) | | |
| - de raios de curvas e rampas | 11-12 | 11-17 |

| | Prf | Pag |
|---|---|---|
| - básicas de cursos de água | 11-16 | 11-24 |
| - de precaução | 3-23 | 3-32 |
| Memento | | |
| - e modelos de documentos para operações | 15-5 | 15-14 |
| - para ordem de destruição | 15-10 | 15-44 |
| - para relatório de destruição | 15-11 | 15-46 |
| Método(s) | | |
| - racional de cálculo da vazão superficial | 8-9 | 8-18 |
| - para abertura de passagens em campos de minas | 3-17 | 3-25 |
| - para localização de minas | 3-16 | 3-24 |
| Minas | | |
| - ativadas | 3-8 | 3-11 |
| - em uso no Exército Brasileiro | 3-24 | 3-33 |
| - flutuantes e de contato | 3-22 | 3-31 |
| Motoniveladoras | 10-6 | 10-11 |
| Motoserra (serra de cadeia) | 10-9 | 10-14 |
| **N** | | |
| Navegação | | |
| - a motor | 14-3 | 14-2 |
| - a remo | 14-2 | 14-1 |
| Nomenclatura | | |
| - (Pontes Fixas) | 6-1 | 6-1 |
| - e traçado geral | 9-3 | 9-2 |
| **O** | | |
| Obstáculo(s) | | |
| - de arame | 4-6 | 4-17 |
| - diversos | 4-7 | 4-23 |
| Operações de transposição de curso de água obstáculo | 15-4 | 15-8 |
| Ordem de reconhecimento | 11-4 | 11-2 |
| Outros dados considerados úteis | 17-20 | 17-74 |
| **P** | | |
| Passadeira(s) | | |
| - de quatro cordas | 6-9 | 6-47 |
| - expeditas | 6-10 | 6-47 |
| - de três cordas | 6-8 | 6-46 |
| Passagens através de campos de minas | 3-5 | 3-10 |
| Pau-de-carga | 13-18 | 13-21 |

| | Prf | Pag |
|---|---|---|
| Pavimentos flexíveis | 8-11 | 8-32 |
| Pesos específicos dos materiais | 17-4 | 17-8 |
| Placas de sinalização de pontes | 5-8 | 5-10 |
| Planejamento e localização | 3-2 | 3-1 |
| Plano | | |
| - de barreiras | 15-6 | 15-26 |
| - de destruição | 15-9 | 15-41 |
| Plataforma de arrastro e rolos | 13-16 | 13-20 |
| Poço de ancoragem de toro de madeira | 13-13 | 13-17 |
| Ponte(s) | | |
| - modular pesada (RIBBON) | 7-4 | 7-12 |
| - pênsil leve | 6-7 | 6-44 |
| - de concreto armado | 6-3 | 6-20 |
| - em arco de alvenaria ou concreto simples | 6-4 | 6-24 |
| Prendedores | 13-24 | 13-25 |
| Primeiros socorros | 17-14 | 17-38 |
| Principais regras de segurança (Explosivos e Destruições) | 2-1 | 2-1 |
| Princípios - Camuflagem | 4-8 | 4-27 |
| Prioridade dos trabalhos de OT | 4-2 | 4-1 |
| Processo(s) | | |
| - de lançamento de fogo e detonação | 2-17 | 2-29 |
| - expedito de classificação de viaturas | 5-5 | 5-5 |
| - para abertura de rampas utilizando explosivos | 2-14 | 2-25 |
| - de camuflagem | 4-9 | 4-27 |
| Profundidade | 3-7 | 3-11 |
| Projeto de heliportos sumários | 9-5 | 9-8 |
| Proteção para aeronaves estacionadas | 9-8 | 9-9 |

**Q**

| | | |
|---|---|---|
| Quantidade e qualidade da água | 11-21 | 11-30 |

**R**

| | | |
|---|---|---|
| Reconhecimento | | |
| - de campos de minas | 3-15 | 3-23 |
| - para local de ponte | 11-18 | 11-28 |
| Registro de campos de minas | 3-12 | 3-15 |
| Regras de segurança (Navegação e Mergulho) | 14-1 | 14-1 |
| Relatório de reconhecimento | | |
| - de Cursos de Água | 11-23 | 11-31 |
| - de engenharia | 11-5 | 11-4 |
| - de itinerários | 11-7 | 11-5 |

| | Prf | Pag |
|---|---|---|
| Relatórios | 3-11 | 3-13 |
| Rendimento e consumo | 3-9 | 3-11 |
| Resistência dos materiais | 17-19 | 17-71 |
| Restrições de largura e de altura | 5-7 | 5-8 |
| Rodovia e pistas em campanha | 8-15 | 8-42 |
| **S** | | |
| Sarilho improvisado | 13-15 | 13-19 |
| Scrapers (moto-escavo-transportador) | 10-4 | 10-7 |
| Seções transversais | 8-4 | 8-5 |
| Símbolos militares | 17-18 | 17-58 |
| Sinais indicadores e demarcadores | 3-20 | 3-31 |
| Sinalização expedita da pista | 9-7 | 9-9 |
| Sistema de iluminação | 10-10 | 10-15 |
| Suprimento | 16-2 | 16-2 |
| Suprimento de água | 17-3 | 17-5 |
| **T** | | |
| Tabelas e correção de esquema | 14-7 | 14-9 |
| Talhas | | |
| - compostas | 13-7 | 13-9 |
| - simples | 13-6 | 13-9 |
| Técnicas de desatolamento de viaturas | 13-22 | 13-24 |
| Teste(s) de identificação de solos | | |
| - no "SUCS" - Teste de laboratório | 8-7 | 8-14 |
| - no "Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS) - Teste Campo | 8-6 | 8-9 |
| Tipos | | |
| - de abrigos, trincheiras, espaldões e fosso AC | 4-4 | 4-4 |
| - de armadilhas | 3-26 | 3-38 |
| - de campos de minas | 3-1 | 3-1 |
| - de cimento portland | 12-5 | 12-12 |
| - de mergulho e equipamentos | 14-6 | 14-8 |
| - de reconhecimento de engenharia | 11-3 | 11-2 |
| - de reconhecimento de pontes | 11-13 | 11-18 |
| - de revestimentos | 8-12 | 8-33 |
| - e características das principais equipagens | 7-1 | 7-1 |
| Trafegabilidade através do campo | 5-12 | 5-23 |
| Transposição | | |
| - de campos de minas | 3-14 | 3-22 |
| - de curso de água | 11-15 | 11-24 |

| | Prf | Pag |
|---|---|---|
| Tratamento superficial com capa selante | 8-14 | 8-38 |
| Tratores de esteiras | 10-2 | 10-5 |
| Travessia | | |
| - especial | 5-14 | 5-24 |
| - normal | 5-13 | 5-24 |
| Tripode | 13-20 | 13-23 |

## DISTRIBUIÇÃO

### 1. ÓRGÃOS

Gabinete do Ministro ..... 01
Estado-Maior do Exército ..... 15
DEP, DEC ..... 02
DEE, DFA, DEPA ..... 01
DME ..... 02
DOM, DOC ..... 02

### 2. GRANDES COMANDOS E GRANDES UNIDADES

COTer ..... 02
Comando Militar de Área ..... 02
Região Militar ..... 01
Divisão de Exército ..... 02
Brigada ..... 02
Grupamento de Engenharia ..... 05
Artilharia Divisionária ..... 02
CAvEx ..... 02

### 3. UNIDADES

Engenharia ..... 10
Forças Especiais ..... 01
Fronteira ..... 01

### 4. SUBUNIDADES (autônomas ou semi-autônomas)

Engenharia ..... 05

## 5. ESTABELECIMENTOS DE ENSINO

| | |
|---|---|
| ECEME | 05 |
| EsAO | 30 |
| AMAN | 100 |
| EsSA | 100 |
| CPOR | 10 |
| NPOR | 01 |
| NPOR/Eng | 10 |
| IME | 02 |
| EsCom, EsIE, CIGS, EsMB, CI Pqdt GPB, CIGE, EsPCEx | 02 |
| CIAS/Sul | 01 |

## 6. OUTRAS ORGANIZAÇÕES

| | |
|---|---|
| ADIEx/Paraguai | 01 |
| Arq Ex | 01 |
| Bibliex | 02 |
| C F N | 01 |
| C R M E | 01 |
| C R O | 01 |
| D R M E | 01 |
| D L | 01 |
| EAO (FAB) | 01 |
| E G G C F | 01 |
| Pq Dep C Mat Eng | 01 |

**EGGCF**

**Desde 1949**
**Missão de Grandeza: SERVIR!**

3ª Edição

Tiragem: 1.100 exemplares
Agosto de 1999

Para adquirir este manual favor citar o nº de código: 0600500019